Phys. sp.
155
s

Phys. sp.
155 3

Cornelius
C.

Erklärung

der

wichtigsten Erscheinungen der Elektricität

unter

Voraussetzung Eines elektrischen Fluidums.

Von

Dr. C. Cornelius.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Bayerische Staatsbibliothek München

Gießen, 1846.
Verlag von B. C. Ferber.

157. B.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorwort.

Die Mehrzahl der heutigen Physiker hat sich bewogen gefunden, Franklin's Ansicht von einem einzigen Elektricum aufzugeben und dafür die Simmer'sche Hypothese, nach welcher die Elektricität aus zwei entgegengesetzten Fluidis bestehen soll, einzutauschen; man pflegt sie deshalb in den neueren Lehrbüchern der Physik nur noch obenhin zu berühren. Meiner Ueberzeugung nach ist die Franklin'sche Theorie in ihrem guten Rechte verletzt worden und ich hielt den Versuch nicht für unnütz, das Andenken an dieselbe wieder aufzufrischen, indem ich mich zugleich erinnerte an Newton's weise Regel: „zur Erklärung der Erscheinungen nie mehr Ursachen anzunehmen, als unumgänglich nothwendig sind.“ In ihrer ursprünglichen Gestalt konnte sie freilich nicht genügen — wie denn auch ein mir unvergeßlicher Lehrer schon vor vielen Jahren gezeigt hat, daß man die in ihr gebräuchlichen Zeichen + und — umkehren müsse, um mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate zu erhalten, — wird sie aber gehörig ausgebildet und richtig angewendet, so ist sie fähig, die Erscheinungen der Elektricität auf eine im Ganzen einfache und consequente Weise zu erklären.

Dies an den wichtigsten elektrischen Erscheinungen darzuthun, ist Zweck der folgenden Abhandlung. Man wird hoffentlich bemerken, daß die aufgestellte Theorie, um sich zu halten, keinerlei Hilfshypothese in der Folge bedarf, daß vielmehr die gegebenen Erklärungen sämmtlich ohne Zwang aus dem Grundprincip fließen. Beim Elektromagnetismus u. s. w. möchte aber noch weniger die Annahme zweier Elektrica nöthig seyn, da hier nur Ein elektrischer Strom in Betracht kommt, selbst dann, wenn man von der Simmer'schen Hypothese Gebrauch macht. Auch scheint es überflüssig zu seyn, der Elektricität eine Wirkung in die Ferne beizulegen, obwohl dies von Franklin geschehen ist.

Uebrigens ist die Annahme Eines Elektricums an sich einfacher und a priori wahrscheinlicher, als die von zwei entgegengesetzten elektrischen Flüssigkeiten, mag auch die letztere in mancher Hinsicht einige Bequemlichkeiten darbieten. Außerdem bemerke ich noch, daß die in Rede stehende Theorie noch weiter ausgebildet werden kann, als hier geschehen ist, und daß sie auch einer mathematischen Betrachtungsweise viele Angriffspunkte darbietet, was indessen ganz von selbst einleuchten wird.

Im Juni 1846.

Der Verf.

I. Fundamental-Betrachtungen.

1. Es ist allgemein bekannt, daß viele Körper durch eine gewisse Behandlung die Eigenschaft erlangen, kleine, leicht bewegliche Körperchen anzuziehen und wieder abzustoßen, sowie auch unter Umständen Licht auszuströmen, u. s. w. Man ist gewohnt, den Inbegriff dieser und noch anderer hierher gehöriger Erscheinungen mit dem Namen Elektricität zu bezeichnen, die Erscheinungen selbst aber elektrische zu nennen. Als Ursache jener Phänomene hat man eine äußerst feine, elastische und unwägbare Flüssigkeit angenommen, welche durch alle Körper der Erde verbreitet ist; sie wird elektrische Materie, auch wohl schlechthin Elektricität genannt.

2. Reibt man mit Seiden- oder Wollenzeug einen Glasstab, eine Stange Siegellack oder Schwefel u. dgl., so gerathen diese Körper in jenen eigenthümlichen Zustand, worin sie die Fähigkeit haben, ein in gewisser Entfernung an einem Seidenfaden aufgehängtes Kügelchen von Hollundermark zu sich hinzuziehen. Nach erfolgter Berührung wird es aber wieder abgestoßen, welche Repulsion von der Elektricität herrühren soll, welche dem Kügelchen durch die Berührung mit der Stange oder dgl. ertheilt wird. Dies scheint allerdings daraus hervorzugehen, daß das Kügelchen wieder in den natürlichen Zustand zurückversetzt wird, sobald man dasselbe mit der Hand berührt, wodurch es zugleich von Neuem die Fähigkeit erlangt, von der Stange angezogen zu werden.

Bringt man ein Korkkügelchen zwischen eine Glasröhre und eine Siegellackstange, gleich nachdem man beide durch Reiben elektrisch gemacht hat, so wird es abwechselnd von dem einen Körper angezogen und von dem andern abgestoßen. Zwei Kügelchen, von denen das eine durch Berührung mit einem geriebenen Glasstabe, das andere durch Berührung mit einer geriebenen Siegellackstange elektrisirt worden ist, ziehen sich, einander nahe gebracht, rasch an, bleiben eine Zeitlang an einander hängen und fahren dann auseinander.

Repulsion allein wird aber zwischen denselben Kügelchen stattfinden, wenn beide durch eine geriebene Siegellackstange oder durch eine geriebene Glasröhre elektrisirt worden sind.

Aus diesen und ähnlichen Versuchen hat man nun den Schluß gezogen: daß das elektrische Fluidum eigentlich aus zwei besondern Stoffen besteht, welche einander entgegengesetzt sind und vermöge einer gewissen Verwandschaft überall das Bestreben haben, sich gegenseitig anzuziehen und zu neutralisiren.

Da sich also diese Fluida wie entgegengesetzte Kräfte verhalten, so nennt man sie jetzt allgemein nach Franklin positive und negative Elektricität, während dieselben früher die Namen Glas- und Harz-Elektricität führten, welche Benennungen jedoch ganz richtig deshalb für unpassend gehalten wurden, weil man so wohl am Harz, als auch am Glas, nach Verschiedenheit des Stoffes, mit dem sie gerieben werden, beide Arten von Elektricitäten hervorbringen kann.

Hiernach befindet sich also ein Körper in seinem natürlichen Zustande, wenn sich beide elektrische Flüssigkeiten in ihm verbunden, oder, was dasselbe ist, gegenseitig neutralisirt haben; durch Zersetzung jener Elektricitäten wird er dagegen elektrisch, entweder positiv oder negativ, was von den Umständen abhängt.

Wird in einem Körper durch Reiben + E frei gemacht, so muß in demselben Maße auch — E frei werden, wie sich dies durch einen einfachen Versuch nachweisen läßt. Reibt man nämlich zwei Scheiben von verschiedenen Substanzen, welche beide durch einen Glasstab isolirt sind, aneinander, so wird nach der

Trennung die eine positiv, die andere negativ elektrisch sein und zwar jede in gleichem Grade.

Es versteht sich von selbst, daß ein Körper im natürlichen Zustande beide Elektricitäten in gleichem Maße enthalten muß, woraus sogleich erhellt, daß er nicht im Stande sein kann, sich zu Gunsten der einen oder andern zu entscheiden, d. h. von der einen mehr aufzunehmen als von der andern.

Ohne mich nun bei der Frage, ob diese Hypothese zulässig ist oder nicht, schon jetzt aufzuhalten, gehe ich gleich im Folgenden zur Darlegung derjenigen Ansicht über, welche ich als die richtige anerkenne.

3. Das Elektricum ist ein Stoff, der aus einzelnen Elementen besteht, welche einander abstoßen, dagegen von Seiten der Materie angezogen werden.

Bei diesem Stoffe darf man, streng genommen, an die eigentliche ponderable Materie gar nicht denken; denn er ist nichts Materielles, sondern besteht ganz aus einfachen Elementen, deren Verhältnisse zu denjenigen Elementen, welche die ponderabele, mit Cohäsion behaftete Materie bilden, wir eigentlich näher zu untersuchen haben. Den Ausdruck „Stoff" gebrauchen wir nur, um gewisse Mengen jener Elemente zu bezeichnen. Was diese Elemente an sich sind, können wir so wenig bestimmen, als was Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff u. s. w. an sich sind. Wie wir die letztgenannten Stoffe nur aus ihren Verhältnissen zu anderen näher kennen gelernt haben, so gerade verhält es sich auch mit den Elementen des Elektricums. Wir können nur diejenigen Verhältnisse der Elemente des E zu den Elementen der eigentlichen Materie genauer erforschen, welche nothwendig stattfinden müssen, um solche Erscheinungen hervorzurufen, wie sie uns als elektrische bekannt sind.

4. Da wir fast überall elektrischen Processen begegnen, so muß auch das Elektricum in allen Körpern verbreitet sein. Nun sind zwar die Elemente des E unter sich gleichartig, aber die Materien verschieden, je nachdem sie aus diesen oder jenen Elementen zusammengesetzt sind. Hieraus folgt, daß auch die Anzie-

hung zwischen dem Elektricum und verschiedenen Körpern nothwendig verschieden sein wird. Außerdem kommt noch die verschiedene Configuration, die größere oder geringere Dichtigkeit der Materien in Betracht, woraus sich neue Unterschiede ergeben, welche von Wichtigkeit sind.

Diesen Unterschieden gemäß wird das Elektricum sich mehr oder weniger frei in den Körpern bewegen, worin es sich befindet, oder durch die es geht. Aber vermöge der Anziehung zwischen ihm und der Materie wird es die Elemente oder Molecüle der letzteren einzuhüllen, also gleichsam Sphären um dieselben zu bilden streben. Wir müssen annehmen, daß eine bestimmte Menge des E sich auf diese Weise der Materie beharrlich anschließen kann; wird aber diese Quantität überschritten, so entsteht nothwendig Repulsion zwischen den Elementen des Elektricums selbst, wodurch es genöthigt wird, sich nach der Oberfläche des Körpers zu begeben.

Es scheint indessen nicht nöthig, den Elementen des E eine ursprüngliche Repulsionskraft beizulegen, da es vielmehr wahrscheinlich ist, daß diese Repulsion zwischen ihnen erst dann entsteht, wann ihrer zu viele in einer Molecüle der Materie sich begegnen; so daß es eigentlich die Materie selbst ist, von welcher die Repulsion ausgeht. Also den Elementen des Elektricums ist keine ursprüngliche Kraft eigen, vermöge deren sie sich abstoßen könnten; kommen aber zu derjenigen Quantität von E, welche ein Körper überhaupt in sich aufnehmen kann, noch mehr Elemente hinzu, so werden zwar dieselben einzudringen suchen in die Molecüle, jedoch sich nicht mit ihnen vereinigen können, weil die innere Constitution des Körpers dem Eindringen einen Widerstand entgegensetzen wird, kraft dessen jene Elemente wieder fortgetrieben werden.

Wie dem nun auch sei, so ist doch so viel gewiß, daß das E in Folge der Repulsion zwischen seinen Elementen, welche Repulsion, wie leicht erhellet, im Innern der Körper am stärksten sein muß, sich vorzugsweise an den Oberflächen ansammeln wird; gleichviel nun, ob die Repulsion ursprünglich zwischen den Elementen des E schon stattfindet, oder ob dieselbe erst in der Materie selbst sich einstellt.

5. Denken wir uns jetzt einen Körper, in welchem dem E freie Bewegung gestattet ist, so muß es nach dem oben Gesagten von innen heraus gegen die Oberfläche drängen, ohne doch hier ganz ruhig zu verharren, weil die Repulsion, um derentwillen es das Innere des Körpers verlassen mußte, auch an der Oberfläche noch stattfindet, zumal da es hierselbst nun angehäuft ist. Vermöge derselben Repulsion wird mithin das E einen Antrieb empfangen, sich von der Oberfläche des Körpers ab in den umgebenden Raum zu zerstreuen, welche Zerstreuung auch wirklich erfolgen wird, wenn dieser Raum nicht von einer solchen Materie erfüllt ist, worin das E sich nicht frei bewegen kann. Haben wir also eine beliebige Menge von Körpern, welche in einiger Entfernung einander gegenüber stehen, so wird zwischen ihnen elektrisches Gleichgewicht stattfinden, so lange die Repulsion, welche von ihren Oberflächen ausgeht, gleich stark ist. Tritt aber Ueberschuß oder Mangel an E in einem oder einigen dieser Körper ein, so ist jenes Gleichgewicht aufgehoben.

Schon oben haben wir erwähnt, daß die Elemente des Elektricums die Molecüle der Materie, weil sie von derselben angezogen werden, ringsum einhüllen, also Sphären bilden müssen. Wird nun hinsichtlich der Menge des E eine gewisse Gränze nicht überschritten, so wird diese Sphärenbildung sowohl im Innern, als im Aeußern eines Körpers gleichförmig von Statten gehen und dieser Körper befindet sich dann im natürlich-elektrischen Zustande. Bei größerer Anhäufung wird aber das E durch Repulsion, wie wir schon wissen, von innen heraus nach der Oberfläche des Körpers getrieben und von hier aus wegen fortdauernder Wirksamkeit derselben Repulsion einen Druck ausüben, welcher sich unbestimmt in die umgebende Materie fortpflanzen kann.

Aber auch um die Elemente oder Molecüle dieser Materie wird das E seine Sphären gebildet haben und es leuchtet von selbst ein, daß dieselbe sich hinsichtlich jenes Druckes nicht gleichgültig verhalten können. Wir wollen hier voraussetzen, daß die umgebende Materie eine solche ist, worin das E sich nicht mit

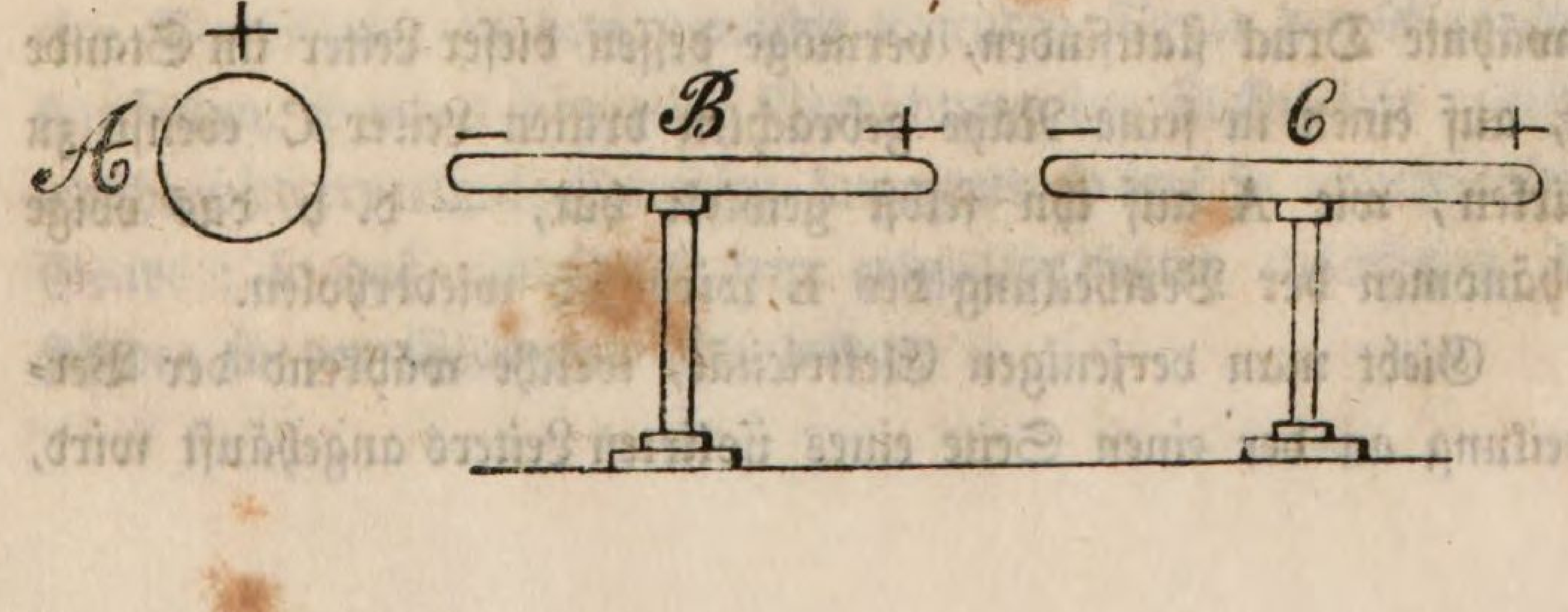
Freiheit bewegen kann, während es sich in jenem Körper frei bewegen mag.

Der von der Oberfläche des angenommenen Körpers ausgehende Druck wird nun zwar nicht die Configuration der umgebenden Materie — wenigstens nicht zunächst — abändern, sondern vielmehr auf die elektrischen Sphären derselben vorzugsweise seine Wirkung äußern, indem sie an der einen Seite, woher der Druck kommt, abgeplattet, an der andern ausgedehnt, daher auch dort dichter, hier dünner werden, woraus noch folgt, daß der Kern, um welchen herum die Sphären sich bildeten, nicht mehr genau im Mittelpunkte bleiben wird. Den Kern aber für jede elektrische Sphäre bilden natürlich die Molecüle der Materie selbst. Gleichwohl werden diese Sphären jenen Druck nicht in sich aufnehmen können, ohne zu reagiren und eben dadurch, daß sie die Gewalt, welche sie erleiden, zurückwirken lassen, halten sie das Elektricum auf der Oberfläche jenes Körpers fest.

6. Nun ist es aber nicht einerlei, wie die Oberfläche, von welcher der besprochene Druck ausgeht, gestaltet ist. Wenn der Druck von einer concaven Fläche kommt, so convergiren seine Richtungen; er muß die Sphären wider einander drängen, weshalb dieselben um so mehr widerstehen werden; die Wirksamkeit des E wird daher auch um so geringer ausfallen. Anders ist es, wenn der Druck von einer convexen Fläche kommt, weil dann die Richtungen divergiren; die Sphären werden nachgiebiger sein und das E, welches den Druck bewirkt, wird sich an einer solchen Fläche vorzugsweise ansammeln, weil ein großer Theil des Widerstandes, welcher bei concaven und ebenen Flächen stattfindet, wegfällt. Ist also das E in irgend einer Masse angehäuft, so wird seine Dichtigkeit an solchen Punkten am größten sein, welche convex gegen die Umgebung sind, mithin Spitzen, Hervorragungen u. dgl. bilden. Hieraus ergiebt sich, daß auf einer Kugel die Elektricität sich gleichförmig verbreiten muß, nicht aber auf Körpern, deren Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen hin ungleich ist.

7. Wir nehmen wieder einen Körper an, worin sich das E frei bewegen kann, d. h. einen sogenannten Leiter der Elektricität. Befindet sich derselbe nicht im natürlichen Zustande, sondern ist er mit E angefüllt, so ist uns bekannt, daß es sich nach der Oberfläche begeben wird, nicht etwa, um daselbst ruhig zu verweilen, vielmehr, um sich von da aus vermöge der zwischen seinen Elementen stattfindenden Repulsion zu zerstreuen. Damit dies nicht geschehe, mag der Leiter von einem sogenannten Nichtleiter (wenn man will, von atmosphärischer Luft) umgeben sein. Diesem Leiter bringe man nun in einiger Entfernung einen zweiten gegenüber, welcher sich im natürlichen Zustande befindet, oder, was dasselbe ist, welcher nicht von Elektricität dergestalt erfüllt ist, daß er den eben beschriebenen starken Druck ausüben kann; übrigens wird auch in ihm, wie in jedem andern Körper von ähnlicher Beschaffenheit, das E seine Sphären gebildet haben und zwar im Ganzen gleichförmig, sowohl im Innern als im Aeussern, obgleich innerlich die Sphären von geringerer Dichtigkeit sein werden. Was wird nun geschehen?

Der Druck, welcher von der Oberfläche des ersten Leiters ausgeht, wird durch die Sphären des Nichtleiters hindurch wirkend alles E im zweiten Leiter in eine Spannung versetzen, welche sich bis zu den entferntesten Theilen der Oberfläche desselben forterstreckt. Aber eben durch die fortgepflanzte Spannung wird die freie Repulsion an der Oberfläche des ersten Leiters nachlassen, das in ihm angehäufte E wird sich vorzüglich nach denjenigen Punkten begeben, welche dem zweiten Leiter zunächst gegenüber stehen, weil ja besonders von diesen der Druck ausgeht. Um die Sache noch deutlicher einzusehen, blicke man auf folgende Figur:



A sei mit Elektricität beladen, also der erste Leiter, B dagegen der zweite: der Raum zwischen beiden mag mit Luft angefüllt sein.

Der von A herkommende Druck wirkt nun durch die elektrischen Sphären der Luft hindurch auf B und zwar zunächst auf den vordern Theil desselben, wodurch das hierselbst befindliche E genöthigt wird, die andere Hälfte von B einzunehmen. Weil aber die elektrische Spannung auf der dem gegenüberstehenden Leiter zugekehrten Fläche von A dadurch, daß sie sich auf B fortpflanzt, geschwächt wird: so werden die auf der hintern Fläche von A befindlichen Elemente des E, zwischen welchen die Repulsion noch unvermindert besteht, veranlaßt, sich nach jener Seite zu begeben, wo die Spannung nachgelassen hat. Zugleich hat hiermit der Leiter A die Fähigkeit erlangt, noch eine gewisse Quantität von E (namentlich von derjenigen Seite her, welche der Richtung des Druckes entgegengesetzt ist), in sich aufzunehmen, zumal, wenn das in dem Leiter B aufgeregte E auf irgend eine Weise Gelegenheit findet, zu entkommen, weil alsdann sein Gegendruck wegfällt. Man sieht nun klar, daß das von A abgewendete Ende von B sich mit A in einem gleichartigen elektrischen Zustande befindet, insofern durch die Wirkung des bekannten Druckes das E hier angehäuft ist, während das dem A zugekehrte Ende von B in einem entgegengesetzten Zustande ist, weil hier eine verhältnißmäßig sehr geringe Menge des E vorhanden. Diese entgegengesetzten elektrischen Zustände haben wir, dem Gebrauche gemäß, in der obigen Figur mit + und — bezeichnet.

Da das E an dem einen Ende des Leiters B einmal angehäuft ist, so wird auch von da aus wieder jener schon oft erwähnte Druck stattfinden, vermöge dessen dieser Leiter im Stande ist, auf einen in seine Nähe gebrachten dritten Leiter C ebenso zu wirken, wie A auf ihn selbst gewirkt hat, — d. h. das obige Phänomen der Vertheilung des E wird sich wiederholen.

Giebt man derjenigen Elektricität, welche während der Vertheilung an der einen Seite eines isolirten Leiters angehäuft wird,

eine hinreichende Ableitung, so kommt der Leiter hierdurch in einen gleichartig-elektrischen Zustand, welcher dem des vertheilend wirkenden Körpers stets entgegengesetzt ist.

Nunmehr haben wir auch vollständig das, was man Gesetz der elektrischen Vertheilung nennt und welches, wie bekannt, folgendermaßen lautet:

Jeder elektrisirte Körper sucht in einem andern, der in seinen Wirkungskreis kommt, eine der seinigen entgegengesetzte Elektricität zu erwecken, indem er das elektrische Gleichgewicht aufhebt, so daß der Körper, welcher diese Einwirkung erfährt, an dem, dem elektrisirten Körper zugekehrten Ende den entgegengesetzten elektrischen Zustand von dem des Körpers und an dem von diesem abgewendeten Ende den gleichartigen erhält.

Wenn man einen Nichtleiter in die Nähe eines elektrisirten Körpers bringt, so sind die Erscheinungen der Vertheilung nicht ganz dieselben, wie bei einem Leiter. Ist dieser Nichtleiter z. B. eine Glasröhre, so wird der elektrische Druck zwar auch in dem Theile derselben, welcher dem vertheilend wirkenden Körper zugekehrt ist, den entgegengesetzten elektrischen Zustand bewirken, aber wegen des Widerstandes, den das Glas der Verbreitung des E entgegensetzt, kann dieser Zustand nicht so merklich hervortreten und nur eine geringe Ausdehnung haben. War nun der elektrisirte Körper mit E beladen — mithin positiv elektrisch, so mußte der elektrische Druck, welcher nach der Glasröhre hin gerichtet ist, an dem zugekehrten Ende das E forttreiben, wodurch dasselbe in einiger Entfernung von diesem Ende verdichtet wurde; von hieraus kann nun, eben vermöge der Verdichtung des E, wieder eine Vertheilung in dem zunächst liegenden Theile der Glasröhre stattfinden, woraus eine neue Verdichtung der Elektricität entsteht, welche wied ervertheilend wirken kann, und so fort in abnehmendem Grade: so daß eine Reihe von entgegengesetzten elektrischen Zuständen in der Glasröhre sich bildet.

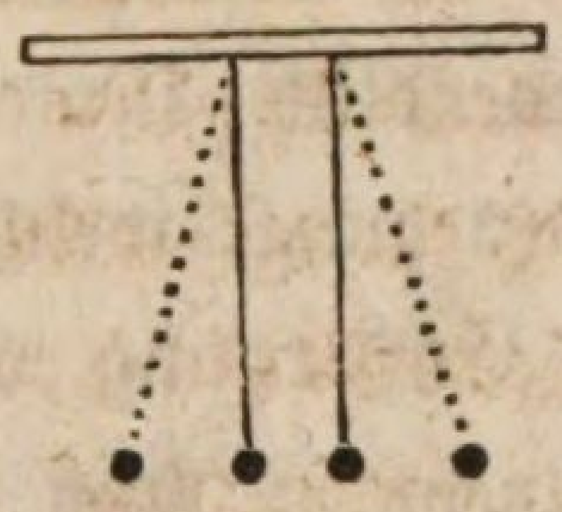
8. Die elektrischen Anziehungen und Abstoßungen zwischen Körpern lassen sich jetzt leicht erklären.

Man habe zwei bewegliche Körper, von denen der eine positiv elektrisirt, d. h. mit E beladen, der andere aber negativ elektrisch in unserm Sinne gedacht werden mag. Auch mögen beide von einem Nichtleiter (etwa atmosphärischer Luft) umgeben sein. Werden nun beide Körper einander hinreichend genähert, so wird der von dem positiv elektrischen Körper ausgeübte Druck zunächst auf die elektrischen Sphären der Luft wirken, so daß sich dieselben nach dem negativ elektrisirten Körper hindehnen, in denselben zum Theil eindringen, ohne sich doch von den Molecülen der Luft zu trennen. Hierdurch erlangt dieser Körper einen Antrieb, sich dem positiv elektrischen zu nähern, welche Annäherung fortwährend beschleunigt wird, indem der Körper nach Punkten kommt, in welchen der elektrische Druck stärker, also auch die Anziehung größer ist. Nothwendig ist hierbei nicht, wie man leicht einsieht, daß beide Körper beweglich sind, sondern es genügt, wenn nur einer von ihnen — gleich viel welcher — freie Beweglichkeit hat.

Sind aber beide Körper überfüllt mit Elektricität, also beide positiv elektrisirt, so verbreiten sie jenen Druck nach allen Richtungen gegen einander, woraus Abstoßung erfolgt, indem sie gegen die elektrischen Sphären der Luft, falls solche zwischen ihnen vorhanden ist, sich stemmen. Die Voraussetzung der Attraction ist also, daß der elektrische Druck nur von einem jener Körper ausgehet: denn nur hierdurch ist es möglich, daß die Sphären des E in den andern Körper eingreifen und denselben nach dem ersten hinziehen.

Wir haben noch den Fall zu betrachten, in welchen beide Körper negativ elektrisirt sind, also weniger E enthalten als die umgebende Materie. Die elektrischen Sphären der letzteren werden sich alsdann zu den Körpern hindehnen, um das elektrische Gleichgewicht wieder herzustellen, wodurch die Körper selbst nach entgegengesetzten Seiten hin angezogen werden, — was nun dem Beobachter den Schein einer Repulsion gewähren muß. Man denke sich zwei negativ elektrisirte Korkkügelchen an seidenen Fäden

nahe bei einander aufgehängt, so müssen die elektrischen Sphären der Luft, da die letztere in Beziehung auf die Kügelchen positiv elektrisch ist, von allen Seiten in dieselben eindringen, ohne doch die Theilchen der Luft zu verlassen. Die Anziehung von Seiten des E der Luft muß zwischen den Kügelchen für jedes derselben gleich sein, da durchaus kein Grund für eine Verschiedenheit in Hinsicht der Stärke der Attraction vorhanden ist. Aber man bemerkt leicht, daß dieselbe übertroffen werden muß von denjenigen Anziehungen, welche an den entgegengesetzten Seiten der Kügelchen stattfinden. Die Repulsion zwischen beiden Körpern ist demnach hier nur scheinbar, insofern sie von Anziehungen nach entgegengesetzten Richtungen herrührt.



9. Wenn man sich alles, was wir bisher über die elektrischen Erscheinungen auseinandergesetzt haben, nochmals vergegenwärtigt, so wird man einsehen, daß wir auf keinen Fall jetzt schon berechtigt sind, der Elektricität eine Wirkung in die Ferne zuzuschreiben. Ob es nun außerdem zureichende Gründe für die Nothwendigkeit einer solchen Annahme giebt, werden wir im Verlauf unserer weiteren Entwickelungen sehen. Mag indeß eine actio in distans für das E existiren oder nicht, auf die Haltbarkeit der Franklin'schen Hypothese der Symmer'schen gegenüber hat dies keinen wesentlichen Einfluß.

10. Je stärker nun die Anhäufung des E, mithin auch je größer die Dichtigkeit desselben auf der Oberfläche eines Körpers, desto stärker der elektrische Druck und damit die Anziehung. Die Attraction zwischen zwei entgegengesetzt elektrisirten Körpern wird um so intensiver sein, je bedeutender die Dichtigkeit des E in dem einen und je größer der Mangel an E in dem andern ist. Ebenso muß

zwischen zwei positiv elektrisirten Körpern die Abstoßung mit der Dichtigkeit des E auf ihren Oberflächen in directem Verhältnisse stehen; bei zwei negativ elektrisirten Körpern aber mit der Größe des Mangels an E, da mit ihr die Anziehung der elektrischen Sphären in der umgebenden Materie zu jenen Körpern in demselben Verhältniß wachsen wird. Auch muß es ein bestimmtes Gesetz geben, nach welchem mit wachsender Entfernung die Anziehungen und Abstoßungen abnehmen. Der Einfachheit wegen wollen wir uns statt einer körperlichen Masse nur ein Molecül denken, um welches die Elemente des E eine Sphäre gebildet haben; diesem werde ein anderes Molecül nahe gebracht, um welches das E entweder keine Sphäre, oder doch nur eine solche, welche eine viel geringere Dichtigkeit besitzt, gebildet hat. Denkt man sich nun die Sphäre des ersten Molecüls in eine sehr große Anzahl Schichten von unendlich kleiner Dicke getheilt, so wird man erkennen, daß die Anziehung, welche dieses Molecül auf das andere ausübt, mit der Entfernung von dem Mittelpunkte der Sphäre schon deshalb abnehmen muß, weil die Dichte der einzelnen Schichten immer um so geringer werden muß. in einem je größeren Raum sie sich ausdehnen. Die entfernter vom Mittelpunkte liegenden Schichten haben nicht mehr den starken Zusammenhang mit dem Molecül, als die näher liegenden, woraus folgt, daß die ersteren auch nicht so geschickt sein werden, das andere Molecül nach dem ersten hinzuziehen, als die letzteren. Erinnert man sich aber, daß die Oberflächen verschiedener Kugeln sich verhalten wie die Quadrate der Halbmesser, so ergiebt sich das Gesetz, daß die elektrischen Anziehungen sich verhalten umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen. Ist aber das zweite Molecül mit einer Sphäre von derselben Dichtigkeit umhüllt wie das erste, so stellt sich, indem dann zwei elektrische Spannungen gegeneinander wirken, Repulsion statt der vorigen Attraction ein, welche gleichfalls mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, da die elektrische Spannung nun auf beiden Seiten in den von den Mittelpunkten — welche die Molecüle selbst sind — entfernteren Schichten der Sphären fortwährend schwächer wird.

Diese Gesetze der elektrischen Anziehungen und Abstoßungen lassen sich bekanntermaßen mit Hülfe der Coloumb'schen Drehwage empirisch nachweisen.

In einer körperlichen Masse haben sich nun elektrische Sphären um jedes einzelne Molecül gebildet, welche man zusammen, wie wir zu Anfang unserer Betrachtung bemerkt haben, als Eine Sphäre betrachten kann. Diese Sphäre kann sich auch außerhalb des Körpers noch fortsetzen, wiewohl dies nicht nothwendig ist, wenn die Körper von einem Nichtleiter, in welchem sie sich frei bewegen können — wie in der atmosphärischen Luft — umgeben sind; alsdann lassen sich obige Betrachtungen ohne Weiteres auf die elektrischen Sphären dieses Nichtleiters, welcher mit den elektrisirten Körpern in unmittelbarer Berührung ist, anwenden.

Wenn jedoch die Dichtigkeit des E auf der Oberfläche eines Körpers eine gewisse Grenze überschreitet, so erreicht die Repulsion zwischen den Elementen des E einen so hohen Grad, daß dieselben nicht mehr auf der Oberfläche bleiben können; sie werden fortgeschleudert und durchbrechen dabei die Schichten der umgebenden nichtleitenden Materie. Befindet sich ein leitender Körper, welcher im natürlichen Zustande, oder gar negativ elektrisirt ist, in der Nähe, so bewegen sich in diesen die Elemente des E hinein. Auch ist zu erwarten, daß Theilchen von der Oberfläche des Körpers, worauf das E angehäuft ist, durch die Repulsion mit fortgerissen werden, da immer noch ein Theil der Elemente des E, zwischen denen die Repulsion stattfindet, mit den Molecülen verbunden ist. Elektricum aber, welches mit einer gewissen Geschwindigkeit die Oberfläche eines Körpers verläßt, erzeugt das Phänomen des elektrischen Funkens.

Im luftleeren Raum muß es wegen mangelnden Widerstandes dem E natürlich viel leichter werden, die Oberfläche eines Körpers vermöge der Repulsion zwischen seinen Elementen zu verlassen. Indessen muß schon bei gewöhnlicher Anhäufung des E ein Verlust stattfinden, in Folge dessen ein elektrisirter Körper sich fortwährend mit der Umgebung in's elektrische Gleichgewicht setzt, indem er allmälig sein überschüssiges E verliert. Denn die

Elektricität wird durch Repulsion ihrer Elemente unter einander zum Theil nach der Oberfläche getrieben, von woaus sie — weil die Repulsion auch hier noch wirksam ist — jenen Druck ausübt, welcher sich durch die umgebende Materie fortpflanzt; dieser Druck ist aber unmittelbar mit dem Streben des E, sich von der Oberfläche des Körpers zu entfernen, verbunden und nur die Rückwirkung der elektrischen Sphären jener Materie verhindert es, daß sich das E wirklich von der Oberfläche entfernt. Bei stärkerer Anhäufung wird nun der Widerstand, welcher aus jener Rückwirkung entspringt, überwunden: das E entweicht und erscheint in der Gestalt des elektrischen Funkens. Während nun hier das elektrische Gleichgewicht großentheils mit einem Male sich herstellt, findet bei geringerer Beladung des Körpers mit E kraft jenes Druckes ein allmäliges Entweichen und damit ein eben so allmäliges Zurückkehren in den natürlichen Zustand statt.

Da sich an Spitzen und sonstigen Hervorragungen der Oberfläche das E vorzüglich ansammelt, so wird auch an diesen der Verlust am größten sein und umgekehrt wird ein negativ elektrisirter Körper gerade von den Hervorragungen seiner Oberfläche aus das meiste E in sich aufnehmen, weil sich von hier aus das E am besten über die Oberfläche verbreiten kann und weil diese Hervorragungen ja zunächst dem elektrischen Einfluß ausgesetzt sind.

Natürlich kommt auch noch die Größe der Oberfläche desjenigen Leiters in Betracht, auf welchen von einem andern die Elektricität übergeht. Je ausgedehnter die Oberfläche, desto größer die Capacität für das E, um so vollständiger wird die Entladung des andern Leiters sein.

11. Ueberall, wo zwei verschiedenartige Körper an einander gerieben werden, haben wir eine Störung des elektrischen Gleichgewichts zu erwarten. Schon die verschiedene chemische Natur der Körper muß Unterschiede bewirken, vermöge deren das E veranlaßt wird, sich mehr in dem einen oder andern anzuhäufen: denn die Stärke der Anziehung für das E muß ja alsdann verschieden sein. Nicht minder von Bedeutung ist hierbei die ver-

schiedene Anordnung hinsichtlich der Lage der Molecüle, die größere oder geringere Dichtigkeit eines Körpers, was von selbst einleuchten muß, wenn man sich erinnert an die Neigung des E, die Molecüle der Materie sphärenartig zu umhüllen; selbst die Farbe, sowie überhaupt die natürliche oder künstlich hervorgebrachte Beschaffenheit der Oberfläche kann nicht ohne Einfluß sein, weil hierdurch die Fähigkeit eines Körpers, noch mehr E aufzunehmen oder zu entlassen, vergrößert oder verringert wird. Selbst Körper von sonst ganz gleicher Beschaffenheit können vermöge solcher Unterschiede durch Reiben entgegengesetzt elektrisch werden; wenn man z. B. eine polirte Glasscheibe auf einer mattgeschliffenen reibt, so wird die eine positiv, die andere negativ elektrisch. Auch die Verschiedenheit der Zustände, in welchen sich die Körper während des Reibens befinden, ist zu berücksichtigen; denn reibt man zwei Stücke desselben Bandes kreuzweise, so werden sie gleichfalls entgegengesetzt elektrisch und zwar das festgehaltene positiv, das andere negativ. Aus diesem Allen folgt, daß aneinander geriebene Körper allemal in entgegengesetzte elektrische Zustände gerathen müssen; die Intensität dieser Zustände hängt aber nicht allein von der chemischen Natur der Körper, sondern auch noch von der Beschaffenheit der Oberflächen und ihrer Temperatur ab.

Durch Druck kann nun eben so wohl als durch Reiben Elektricität entwickelt werden, wobei sich aber die obigen Unterschiede wieder geltend machen müssen. Denn die Sphären des Elektricums können nicht in Ruhe verharren, sobald die Molecüle, um welche sie sich gebildet haben, durch den Druck in ihrer gegenseitigen Lage gestört werden; das E muß entweichen — und wenn die einander drückenden Körper isolirt sind, so kommt es wieder auf deren verschiedene Natur — sowohl auf die wesentliche, als auch auf die mehr von den Umständen abhängende — an, wodurch der elektrische Zustand eines jeden von ihnen bestimmt wird. Man sieht auch leicht, daß die elektrische Spannung um so stärker sein muß, je stärker der Druck ist und je inniger die Körper während des Druckes aneinander haften, besonders wenn sie einige Elasticität besitzen. Doch ist zu erwarten, daß die Resultate der

Elektricitätsentwickelung durch Druck häufig anders ausfallen werden, als die durch Reiben erhaltenen; denn beim Drucke wird das E gleichsam herausgepreßt, — es muß zu demjenigen Körper übergehen, dessen Zusammendrückbarkeit geringer ist und zwar mit so mehr, wenn derselbe zugleich aus einer leitenden Substanz besteht. Libes nahm eine Metallscheibe und drückte sie mittelst eines isolirenden Handgriffes von Glas auf Wachstaffet, wodurch sie elektrisch wurde: denn dasjenige E, welches im Taffet enthalten war, konnte in Folge des ausgeübten Druckes nicht mehr ruhig darin verweilen, sondern es mußte vermöge der Repulsion zwischen seinen Elementen in die Metallscheibe fliehen, welche sich zunächst darbot, von jenem Drucke am wenigsten gelitten hatte und wegen ihrer Leitungsfähigkeit am geschicktesten war, noch neues E aufzunehmen. Immer ist Aufregung der Körpertheilchen der Grund der Elektricitätsentwickelung sowohl beim Reiben, als beim Druck; weil aber doch die Art der Aufregung verschieden ist, so ist zu erwarten, daß auch der Erfolg in manchen Fällen ein verschiedener sein werde.

Auch durch mechanische Trennung muß Elektricität frei werden. Dies zeigt sich beim Spalten von blättrigen oder überhaupt krystallisirten Mineralien, beim Zerreißen und Zerschlagen fester Körper; oft bemerkt man dabei zugleich einen phosphorescirenden Schein. Alle diese Phänomene enthalten nichts Auffallendes, sondern verstehen sich nach unserer Theorie von selbst. Wird die Cohäsion eines Körpers gewaltsam aufgehoben, so muß nothwendig Elektricität entwickelt werden: denn das Elektricum hat Sphären um die Molecüle des Körpers gebildet; wird nun der Zusammenhang der letzteren gelöst, so können die ersteren unmöglich sich ruhig verhalten, sondern das E muß zum Theil frei werden und die geringste Verschiedenheit auf der einen oder andern Seite muß entgegengesetzte elektrische Zustände hervorrufen.

Bei allen chemischen Processen, wo heterogene Stoffe aufeinander einwirken, haben wir gleichfalls eine Störung des elektrischen Gleichgewichts zu erwarten; denn auch hier müssen, wie bei mechanischen Trennungen, die Sphären des E in ihrer

Constitution verändert werden, was ohne Weiteres elektrische Phänomene zur Folge hat. Wenn sich zwei Körper chemisch verbinden, so wird nach Becquerel der Körper, welcher sich wie eine Säure verhält, positiv elektrisch, während das Alkali oder überhaupt die Basis negativ elektrisch wird, oder vielmehr nach unserer Bezeichnungsweise — wie wir später sehen werden — umgekehrt die erstere negativ und die letztere positiv elektrisch.

Andere hierher gehörige Erscheinungen werden sich nach demselben Princip leicht erklären lassen. Schon der bloße Contact heterogener Körper muß von elektrischen Erscheinungen begleitet sein, worauf wir jedoch später zurückkommen werden.

Nach Sellier soll auch bei schwingenden Platten eine Elektricitätsentwickelung stattfinden. So werden nach ihm Scheiben, welche man zur Entstehung der Chladnischen Klangfiguren benutzt, elektrisch und zwar die schwingenden und ruhenden Stellen entgegengesetzt elektrisch, wie sich dies aus den verschiedenen Figuren, welche aufgestreutes Kiesel- und Harzpulver bilden, schließen läßt. Die Sache läßt sich leicht erklären. Das Elektricum, welches die schwingenden Theile der Scheibe umgibt, geräth ebenfalls in Bewegung und damit in Repulsion, in Folge dessen es zum Theil nach solchen Stellen der Scheibe entweicht, die sich nicht im schwingenden Zustande befinden, d. h. nach den sogenannten Knotenlinien. Die Ruhestellen müssen positive, die tönenden negative Elektricität zeigen.

Ein besonderes elektrisches Phänomen, welches wir hier noch anführen wollen, bietet der Turmalin dar. Wird nämlich derselbe erwärmt, so erhält er bekanntlich an den beiden Enden seiner Hauptaxe zwei entgegengesetzte elektrischen Pole und zwar so, daß das von 6 Flächen gebildete Ende positiv, hingegen das von 3 Flächen gebildete negativ-elektrisch wird. Uebersteigt die Temperatur eine gewisse Gränze, so verschwindet die Polarität wieder; ebenso, wenn die Temperatur des Turmalins unter jenen Punkt hinabsinkt, bei welchem er die Polarität erhielt; sie tritt aber bei einem gewissen Kältegrade wieder ein, freilich mit Umkehrung der Pole, indem der vorher positive Pol negativ und der vorher negative

positiv wird. Man sieht also, daß die Erscheinung der Polarität nur vom Wechsel der Temperatur abhängt. Nothwendig muß durch die Einwirkung der Wärme in der gegenseitigen Lage der kleinsten Partikeln des Turmalins nach bestimmten Richtungen hin eine solche Veränderung stattfinden, daß dadurch das Elektricum veranlaßt wird, sich an dem einen Ende der Hauptaxe vorzugsweise anzuhäufen, so daß sich hier also der positive Pol und damit zugleich an dem andern Ende der negative bildet. Beim Erkalten muß jene Veränderung die entgegengesetzte Richtung haben, wodurch auch die Pole umgekehrt werden; den Uebergangspunkt bildet aber der natürliche Zustand des Turmalins. Gleichwohl muß diese Polarität schon in der Constitution der kleinsten materiellen Theilchen des Turmalins begründet sein, weil, wenn man einen Turmalin, während er elektrisch ist, durchbricht, jedes Stück wieder seine beiden Pole zeigt. Es scheint daher, als ob vom negativen Pole nach dem positiven hin eine allmählige Verdichtung der Elektricität von einer Partikel zur andern stattfände.

12. Es wird nunmehr passend sein, die gewonnenen Principien auf die Erklärung elektrischer Erscheinungen, wie sie an einigen der wichtigsten elektrischen Apparate hervortreten, anzuwenden. Zuvor wollen wir jedoch die Symmersche Hypothese mit Einigem berücksichtigen.

Man weiß, daß nach dieser Hypothese (welche auch die dualistische genannt wird) das elektrische Fluidum aus zwei verschiedenen Stoffen, einem + und einem — E, zusammengesetzt ist, welche in gleicher Menge in allen Körpern unserer Erde enthalten, durch gegenseitige Anziehung miteinander verbunden und neutralisirt sind und sich dadurch wechselseitig das Gleichgewicht halten. Haben sich beide Elektricitäten in einem Körper gegenseitig gesättigt, so ist er unelektrisch oder natürlich elektrisch (= ± E).

Durch die bekannten Erregungsmittel der Elektricität wird das neutrale Product beider E zersetzt und dadurch die positive und negative elektrische Spannung hervorgerufen. So soll beim Reiben zweier Körper aneinander nach Verschiedenheit der Verwandt-

schaft, welche die Körper zu dem einen oder andern Bestandtheil der Elektricität haben, der eine derselben an den reibenden, der andere an den geriebenen Körper treten, so daß also jedesmal die zwei entgegengesetzten Elektricitäten entstehen. Wir verweilen hier einen Augenblick.

Hat der eine von den zwei Körpern, welche aneinander gerieben werden sollen, wirklich eine stärkere Verwandtschaft zu dem einen oder andern Bestandtheil der Elektricität, als diese Bestandtheile zu einander haben: so kann sich dieser Körper unmöglich im natürlich elektrischen Zustande befinden, weil er schon vor dem Reiben des entsprechenden Bestandtheils — denn das neutrale Product $\pm$ E liegt ja in ihm — sich bemächtigt und damit denselben dem andern entrissen haben muß, welcher letztere nun frei verbreitet, den Körper zu einem positiv oder negativ-elektrischen macht. Unter obiger Voraussetzung ist es gar nicht nöthig, zwei Körper aneinander zu reiben, um eine elektrische Spannung hervorzubringen; denn der eine von beiden Körpern bringt jedenfalls schon eine elektrische Spannung mit und die Elektricitätsentwickelung durch Reiben zwischen natürlich elektrischen Körpern bleibt also nach der Simmer'schen Hypothese unerklärt. Im Reiben selbst kann aber die eigentliche Ursache der Zersetzung des $\pm$ E nicht liegen — höchstens könnte hierdurch das neutrale Product selbst, als solches, in Unruhe versetzt werden — sondern der Grund liegt vorzugsweise, wie die Hypothese selbst aussagt, in der verschiedenen Verwandtschaft oder Anziehung, welche die Körper zu dem einen oder andern Bestandtheil der Elektricität heben; denn haben beide sich reibende Körper eine gleich starke Verwandtschaft zu beiden Elektricitäten, so erfolgt keine Trennung derselben, sondern sie bleiben als $\pm$ E vereinigt und weder der reibende, noch der geriebene Körper zeigt eine Spur von Elektricität; ebenso, wenn sich die Bestandtheile des $\pm$ E untereinander stärker anziehen, als sie von den sich reibenden Körpern angezogen werden.

Ist nun, fährt die Simmer'sche Hypothese fort, in einem Körper auf irgend eine Weise das elektrische Gleichgewicht aufgehoben und z. B. + E frei, so strebt er, in benachbarten Körpern

den natürlich elektrischen Zustand derselben gleichfalls aufzuheben und die Bestandtheile der ± E aus ihrer natürlichen Verbindung zu bringen. Ist sein + E stark genug, um das — E eines benachbarten Körpers mehr anzuziehen, als dieses — E von dem eignen + E dieses Körpers angezogen wird, so entzieht es ihm das — E, vereiniget sich mit demselben und das + E des zweiten Körpers wird dadurch ebenfalls in Freiheit gesetzt, oder der Körper wird gleichnamig mit dem ersten, d. h. positiv elektrisch. Auf gleiche Art wird der Körper durch Vertheilung oder Mittheilung negativ elektrisch, wenn der erste Körper freies — E hat.

Man sieht leicht, daß diese Hypothese mit Hülfe chemischer Grundbegriffe geschaffen worden ist. Gleiche Quanta + und — E sättigen sich, so daß der Körper, worin sie sich befinden, keine Spur von Elektricität zu erkennen gibt. Das in Folge dieser Neutralisation entstandene Product soll nun zersetzt werden durch freies + oder — E; aber ist dies auch möglich?

Hat sich ein gewisses Quantum + E mit einem gleichen Quantum — E gesättigt, so sind beide hinsichtlich ihres Strebens, sich zu neutralisiren, befriedigt und können durch freies + oder — E, was sich in der Nähe befindet, nicht wieder von einander getrennt werden. Wenigstens hat es durchaus keinen Sinn, zu sagen: + E, welches durch — E neutralisirt worden, verläßt dasselbe nur deshalb, um sich mit anderem — E von Neuem zu einem neutralen Producte zu verbinden. Hat man jemals vernommen, daß Sauerstoff, welcher mit Wasserstoff zu Wasser verbunden war, diesen Wasserstoff deshalb verlassen habe, um mit anderem in der Nähe befindlichen Wasserstoff wiederum Wasser zu bilden, gesetzt auch, die Menge des letzteren Stoffes sei noch so groß gewesen?

Eine solche Ungereimtheit läßt sich aber das dualistische System zu Schulden kommen. Dasselbe ist nicht im Stande, das Gesetz der elektrischen Vertheilung zu erklären.

Haben sich einmal gleiche Quanta positiver und negativer Elektricität neutralisirt, so ist eine Trennung derselben, ohne in Widersprüche zu verfallen, durch freies + oder — E völlig unerklärbar; nur durch stärkere Verwandtschaft zu dem einen oder

anderen Bestandtheil der Elektricität von Seiten der Materie kann eine solche Trennung bewerkstelligt werden, wodurch jedoch wieder ein neues Bedenken hinsichtlich der Haltbarkeit des dualistischen Systems entsteht, welches wir oben bei Gelegenheit der Elektricitätsentwickelung durch Reiben geltend gemacht haben. Der Simmer'schen Ansicht nach kann nur dann ein elektrisirter Körper auf einen andern anziehend oder abstoßend wirken, wenn der letztere die gleichnamige oder entgegengesetzte Elektricität schon frei enthält; auf einen nicht elektrisirten wirkt er dagegen gar nicht, so wenig, als sich zwischen zwei natürlich elektrischen Körpern nach dieser Hypothese eine elektrische Einwirkung durch Reiben, Druck u. s. w. denken läßt. Allenfalls ließe sich annehmen, daß das Product $\pm$ E noch eine gewisse Menge + oder — E mit sich vereinige, sowie unter Umständen der Gehalt des Wassers an Sauerstoff sich auf's Doppelte erhöhen kann, wodurch dann Wasserstoff-Hyperoxyd entsteht; aber anzunehmen, daß + E, welches von — E gesättigt und deshalb befriedigt ist, von dem letzteren ausscheide, um sich von freiem — E auf's Neue sättigen zu lassen, ist geradezu eine Absurdität. Freilich würde mit jener Annahme auch nichts gewonnen sein, wie ohne Weiteres einleuchtet.

Wohl hat die Chemie Beispiele, in welchen die Menge eines Stoffes ersetzt, was der ursprünglichen Anziehung an Stärke abgeht. Allein diese Fälle können nicht zu Gunsten des dualistischen Systems angeführt werden; denn bei ihnen kommen immer drei verschiedene Stoffe in Betracht, welche wir allgemein mit A, B, C bezeichnen wollen. Ist nun auch die Verwandtschaft zwischen A und B größer als zwischen A und C, so können sich doch unter Umständen die Wirkungen von B und C auf A das Gleichgewicht halten, falls C in hinreichend großer Menge vorhanden ist. Aber die Chemie weiß nichts von Fällen, in welchen eine Verbindung von A und B aufgehoben wird durch Hinzuführung einer größeren Menge von B, als in der Verbindung schon enthalten ist und zwar dergestalt aufgehoben wird, daß jenes B ganz ausscheiden muß.

Das dualistische System scheint also doch nicht fähig zu sein, die mannigfaltigen Erscheinungen der Elektricität zu erklären, da es in wesentlichen Punkten sich unhaltbar zeigt und sogar der Erfahrung widerspricht. Auch ist es schwer (wenn nicht unmöglich), sich von zwei entgegengesetzten elektrischen Fluidis, deren eines die nothwendige Ergänzung des andern sein soll, einen deutlichen und klaren Begriff zu bilden. Diese zwei entgegengesetzten elektrischen Stoffe, sammt dem neutralen Producte, zu dem sie sich angeblich verbinden, scheinen vielmehr — bloße spectra imaginationis zu sein.

II. Erklärung einiger besonderer elektrischer Phänomene.

---

13. Die Erklärung der folgenden Erscheinungen ergibt sich beinahe unmittelbar aus dem Gesetz der elektrischen Vertheilung, welches überhaupt in der Elektricitätslehre das wichtigste ist.

Betrachten wir zuerst die Franklin'sche Tafel.

Dieselbe besteht, wie man weiß, aus einer Glastafel, welche gewöhnlich auf beiden Seiten mit Stanniol so belegt ist, daß das Glas nach dem Rande hin um eine gewisse Breite frei bleibt; auch pflegt man wohl diese unbelegten Stellen, um sie besser isolirend zu machen, mit Firniß zu überstreichen. Statt die Tafel auf beiden Seiten mit Stanniol zu belegen, kann man auch Metallscheiben auflegen, welche mittelst einer isolirenden Handhabe von Glas oder seidener Schnüre sich wieder abheben lassen.

Führt man nun der einen Belegung aus irgend einer Quelle Elektricität zu — wir wollen annehmen positive E —, während die andere leitend mit dem Boden verbunden ist; so wirkt die auf jener Belegung sich anhäufende Elektricität durch die Glas-

scheibe hindurch vertheilend auf das E in der anderen Belegung, welche jetzt frei in den Boden strömt. Aber eben hierdurch entsteht in der hinteren Belegung freier Raum, in Folge dessen das E auf der vorderen Belegung einen Antrieb erhält, die Glasscheibe zu durchdringen, um jenen Raum auszufüllen. Das Glas aber, einer der besten Isolatoren, widersetzt sich diesem Streben des E, weshalb dem letzteren nichts anders übrig bleibt, als die elektrischen Sphären um die Molecüle des Glases nach der hinteren Belegung zu drängen, wodurch dieselbe noch vollständiger vom E befreit wird. Weil nun der Druck des E sich fast ganz nach der entgegengesetzten Seite des Glases hinwendet, erlangt die vordere Belegung das Vermögen, noch mehr E aus der sich darbietenden Quelle aufzunehmen. Man wird hiernach leicht erkennen, daß der negativ elektrische Zustand der hinteren Belegung um so reiner hervortreten wird, je mehr E auf der vordern Fläche sich angehäuft hat, besonders aber, wenn dieselbe noch einiges E frei enthält; denn das übrige E ist nicht frei, vielmehr, wie man zu sagen pflegt, gebunden, indem es kein anderes Streben hat, als die Glasscheibe zu durchdringen und auf der hinteren Belegung sich auszubreiten. Mit der Menge der freien Elektricität wächst der Druck, welcher die elektrischen Sphären des Glases nach der entgegengesetzten Seite hindrängt, so daß sie auf der einen Seite sich verdichten, auf der andern dünner werden; hierdurch zieht sich das angehäufte E größtentheils von der metallischen Belegung ab zu dem Glase hin, während die andere Belegung ihr E — eben wegen des Druckes — beinahe gänzlich verliert, — d. h. sie wird um so mehr negativ elektrisch und ist auch nicht im Stande, E durch Berührung mit andern Körpern anzunehmen. Nimmt man aber das freie E der vordern Fläche hinweg — etwa durch Berühren mit dem Finger —, so wird die hintere Belegung wieder empfänglich für neues E, welches ihr gleichfalls dadurch, daß man sie mit dem Finger berührt, gegeben werden kann. Aber hiermit ist wieder auf der vorderen Belegung einiges E frei geworden, welches sich wegnehmen läßt. Auf diese Weise kann man durch abwechselnde Berührung der einen und dann der

andern Belegung die Tafel vollständig entladen. Um die Entladung mit einem Male zu bewerkstelligen, hat man nur nöthig, beide Belegungen gleichzeitig zu berühren. In demselben Moment, in welchem die eine Belegung ihre freie Elektricität abgibt, nimmt die andere E auf; die obigen einzelnen Entladungen folgen hier continuirlich aufeinander, so daß sie in Einem Augenblick statt zu finden scheinen. Will man die Tafel auf einmal entladen, so bedient man sich gewöhnlich des sogenannten Ausladers, welcher bekanntermaßen aus einem krumm gebogenen, an seinen Enden mit kleinen Kugeln versehenen Drahte besteht und überdies noch mit einer isolirenden Handhabe von Glas oder Holz versehen ist. Berührt man nun diejenige Belegung, welche freies + E enthält, mit der einen Kugel und nähert die andere Kugel der gegenüberstehenden Belegung, so muß sich daß freie E über den ganzen Auslader verbreiten, wodurch natürlich die andere Fläche die Fähigkeit erhält, einiges E von der in der Nähe befindlichen Kugel des Ausladers aufzunehmen, indem in dieser Kugel das E sich verdichtet, um in den in jener Belegung entstandenen freien Raum einzudringen, was auch wirklich geschieht, sobald die Kugel der Belegung so weit genähert wird, daß die elektrische Spannung die zwischenliegende Luftschicht durchbrechen kann. Das übergehende Elektricum wird dabei als Funken mit lebhaftem Lichte und dem bekannten Geräusche erscheinen.

Bringt man aber die eine Kugel des Ausladers mit derjenigen Belegung in Berührung, welche kein freies E enthält, also in unserem Falle mit der negativen Belegung, während man die andere Kugel der positiven nähert: so wird das freie E der letzteren vertheilend auf das E der genäherten Kugel wirken, d. h. dasselbe nach jener Kugel hintreiben, welche mit der negativen Belegung in Berührung ist. Aber eben, indem dies geschieht, läßt der Druck, welcher von der positiven nach der negativen Belegung hin gerichtet ist, nach, die letztere nimmt einiges E von der mit ihr in Berührung befindlichen Kugel des Ausladers an, wodurch der Druck nach dieser Seite hin noch mehr geschwächt wird. Die Repulsion der Elemente des E auf der positiven Belegung

wendet sich nun vorzugsweise der angenäherten Kugel zu, deren E nach der andern Kugel getrieben ist; bei hinreichender Annäherung jener Kugel erfolgt der Uebergang des Elektricums und damit die Entladung der Tafel.

Im ersten Augenblicke nach der Entladung zeigt eine Franklinsche Tafel freilich keine Elektricität mehr, läßt man sie aber nur kurze Zeit stehen, so giebt sie einen zweiten, wenn auch schwächeren Entladungsschlag. Dies scheint anzuzeigen, daß die Elektricität nicht blos auf den metallischen Belegungen bleibt, sondern auch zum Theil auf die Oberfläche des Glases übergeht. Man kann es bekanntlich auch leicht nachweisen, wenn man die Belegungen einer Tafel beweglich macht. Nachdem man sie geladen hat, nehme man beide Belegungen weg, um dieselben einzeln vollständig zu entladen; werden sie hierauf wieder angebracht und leitend miteinander verbunden, so erhält man wieder einen Entladungsschlag, ein Zeichen also, daß die Tafel selbst noch zum Theil geladen war. Auch unserer Theorie nach kann die Sache nicht anders sein. Denn das Elektricum, auf der einen Belegung angehäuft, wirkt zunächst auf die elektrischen Sphären des Glases, welche dadurch ihre Rundung und gleichförmige Dichtigkeit verlieren, indem sie an der einen Seite sich abplatten, an der andern aber ausdehnen müssen; so pflanzen sie den vom angehäuften E ausgeübten Druck nach der andern metallischen Belegung fort, deren E dadurch genöthigt wird, sich zu entfernen, falls die Belegung mit dem Boden in leitender Verbindung steht. Aber eben hiermit fällt ein Gegendruck weg, welchen dieses E — wäre es geblieben — würde ausgeübt haben. Die elektrischen Sphären des Glases dehnen sich deshalb von Schicht zu Schicht noch weiter nach der Belegung hin, dessen E in den Boden entwichen ist, — so daß die Sphären der letzten Schicht um etwas aus dem Glase hervorragen müssen —, während das E der ersten Belegung von der obern Fläche derselben sich hinwegbegiebt und zum Theil in das Glas eindringt, da der Widerstand, welcher dies früher verhinderte, jetzt zum Theil verschwunden ist. Wird nun die Tafel dadurch, daß man beide Belegungen zugleich berührt, entladen,

so verliert sie an der einen Seite Elektricum, während sie an der andern solches empfängt, wodurch die elektrischen Sphären des Glases, welche aus demselben zum Theil herausgetreten sind, wieder zurückweichen und damit auch jenes E, das von der ersten Belegung in das Glas theilweise eingedrungen ist, heraustreiben müssen. Die Tafel wird nun zum zweiten Male entladen werden können.

Ueberschreitet die Anhäufung des E auf der einen Belegung — namentlich wenn die Luft sehr trocken ist — eine gewisse Grenze, so dringt das E mit Gewalt in das Glas ein und zertrümmert dasselbe mit einer Explosion in dem Moment, wo die Repulsion zwischen den Elementen des eindringenden E und den elektrischen Sphären des Glases selbst ihren höchsten Grad erreicht.

Die Leydner Flasche ist, wie bekannt, nur der Form nach von der Franklin'schen Tafel verschieden. Gewöhnlich gebraucht man eine dünne Glasflasche, welche von innen und außen bis auf einen einige Zoll breiten Rand unter dem Halse mit Stanniol belegt ist und deren Mündung durch einen Kork verschlossen ist. Den nicht belegten Theil der Flasche pflegt man noch mit Firniß zu überziehen. Durch den Kork ist ein langer Metalldraht gesteckt, welcher mit seinem unteren Ende in genauer metallischer Berührung mit dem innern Beleg des Bodens der Flasche ist und oben in einer kleinen Kugel endigt, die, wenn man die Flasche laden will, mit irgend einer Elektricitätsquelle (z. B. mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine) in Verbindung gebracht werden muß, während die äußere mit dem Erdboden leitend verbunden ist, wo dann beide Belegungen entgegengesetzt elektrisch werden. Dieses Verfahren, die Flasche zu laden, läßt sich natürlich auch umkehren, wenn man die äußere Belegung mit dem Conductor, die innere aber mit dem Boden in Verbindung bringt. Statt die innere Seite des Gefäßes mit Stanniol zu belegen, kann man dasselbe mit einer leitenden Substanz (z. B. Eisenfeile oder Schrotkörner) füllen.

Die Erscheinungen an der Leydner Flasche lassen sich nun ganz auf dieselbe Weise erklären, wie die der Franklin'schen Tafel.

Auch hier findet eine Anhäufung des E auf der einen — gleichviel innern oder äußern — Belegung und damit auch jener Druck Statt, welchen die elektrischen Sphären des Glases empfangen und auf die andere Belegung übertragen. Das auf der letzteren befindliche E muß entweichen in den Boden oder überhaupt in den Körper, mit welchem diese Belegung in leitender Verbindung steht (z. B. in den Conductor der Elektrisirmaschine, falls derselbe negativ elektrisch ist). Hiermit ist die Flasche geladen und kann, wie die Franklin'sche Tafel, wieder entladen werden; auch aus ihr läßt sich nach einiger Zeit ein zweiter Schlag erhalten, ganz aus demselben Grunde, wie bei der Franklin'schen Tafel.

Um sehr starke Ladungen hervorzubringen, verbindet man mehrere Flaschen zu einer sogenannten elektrischen Batterie. Dies geschieht dadurch, daß man alle inneren Belegungen unter sich und ebenso alle äußeren in leitende Verbindung bringt. Außerdem sind die Erscheinungen einer solchen Batterie von denen einer einfachen Flasche nicht verschieden. — Faßt man mit der einen Hand die äußere Belegung, mit der anderen aber den Knopf an, so entladet sich die Flasche durch den eignen Körper, wobei man eine Erschütterung in den Vorderarmen und bei sehr starken Ladungen auch in den Gelenken beider Arme mit heftigem Schmerze in der Brust empfindet. Daß übrigens da, wo man beide Belegungen einer Tafel oder Flasche berührt, die Wirkung auf den Körper stärker sein muß, als bei einem gewöhnlichen elektrischen Funken, ist leicht einzusehen. Wenn die menschliche Hand einen gewöhnlichen Funken empfängt oder abgiebt, so stellt sich das elektrische Gleichgewicht bald wieder her, während in jenem Falle die Störung des elektrischen Gleichgewichts viel größer und daher auch die Erschütterung des Körpers stärker ist, da derselbe in Einem Augenblick an der einen Seite E verliert und an der andern solches gewinnt. Den elektrischen Erschütterungsschlag können mehrere Personen zugleich empfinden, wenn sie einander die Hände geben und die erste den Knopf, die letzte

aber die äußere Belegung der Flasche berührt. Ist nun der Knopf positiv, die äußere Belegung dagegen negativ elektrisch, so erhält die erste Person Elektricum, während die letztere in demselben Moment ebensoviel, als jene gewonnen, abgiebt, womit das elektrische Gleichgewicht auch in allen übrigen Personen aufgehoben ist. Jede Person, von derjenigen an gerechnet, welche den Verlust an E erlitten hat, setzt sich in's Gleichgewicht mit der unmittelbar folgenden, indem sie von derselben soviel E aufnimmt, als sie an die vorhergehende abgegeben hat, bis zu jener fort, welche den Knopf der Flasche berührt.

Wenn eine Flasche isolirt steht, so läßt sie sich entweder nicht, oder doch nur sehr schwach laden, weil dadurch, daß das E der einen Belegung an der Entweichung verhindert ist, auf der andern Belegung keine Anhäufung des E möglich ist.

14. Das Elektrophor, einer der wichtigsten elektrischen Apparate, besteht — wie Jeder weiß — aus einem dünnen Harzkuchen, welcher auf beiden Seiten, wie das Glas der Franklin'schen Tafel, mit beweglichen Metallplatten belegt ist; gewöhnlich gießt man aber den Harzkuchen in eine metallene Schüssel, die mit einem einige Linien hohen Rande versehen ist, so daß nur die Metallplatte, welche auf dem Kuchen liegt, freie Beweglichkeit behält und mittelst seidener Schnüre oder eines Glasstabes isolirt auf den Kuchen gesetzt und wieder aufgehoben werden kann. Die metallische Unterlage des Kuchens pflegt man Form, die bewegliche Metallplatte aber Deckel zu nennen. Man hält es jedoch für besser, den Kuchen frei auf eine Metallplatte zu legen, weil dann weniger Gefahr vorhanden ist, daß der Kuchen bei eintretendem Temperaturwechsel wegen ungleicher Ausdehnung des Harzes und Metalles springt. Auch trägt man Sorge, daß sowohl der Harzkuchen, als auch die untere Fläche der Metallplatte, welche auf ihn zu liegen kommt, möglichst eben sei.

Man mache nun den Kuchen auf seiner Oberfläche durch Reiben oder dergleichen positiv elektrisch, während die Form nicht isolirt, sondern mit dem Boden in leitender Verbindung ist.

Setzt man jetzt den isolirten Deckel auf den Kuchen, so muß er an seiner oberen Fläche mit diesem gleichnamig, d. h. positiv elektrisch und an seiner unteren negativ eletrisch werden, weil das an der Oberfläche des Kuchens angehäufte E die Elektricität des Deckels von der unteren nach der oberen Fläche treibt, wo sie sich sogleich als freie zu erkennen giebt, sobald man einen Finger hinreichend nähert, auf welchen sie als Funken überschlägt. Hat man auf diese Weise dem Deckel das freie E entzogen, so ist die natürliche Folge davon, daß sich der Druck des auf der Oberfläche des Kuchens verbreiteten E nun ganz dem Deckel zuwendet, da er hier keinen, oder doch nur sehr geringen Widerstand findet; zugleich wird hierdurch der untere Theil des Harzkuchens negativ elektrisch, indem die elektrischen Sphären des Harzes — eben wegen Fortpflanzung jenes Druckes auf den Deckel — sich nach der oberen Fläche hindehnen. Dieser negativ elektrische Zustand der unteren Harzfläche kann aber nicht ohne Einfluß auf das E der Form sein, welches vielmehr dadurch veranlaßt wird, die dem Kuchen zugewendete Fläche einzunehmen, womit die untere Fläche der Form negativ elektrisch und zugleich fähig wird, noch einiges E aus dem Boden aufzunehmen, falls die Form nicht isolirt ist; alsdann kann jedoch die Form selbst keine freie Elektricität mehr zeigen.

Noch ehe dem Deckel sein freies + E entzogen worden ist, läßt sich die untere Fläche des Harzes als — elektcisch betrachten, indem der Druck, welcher von der oberen Fläche ausgeht, dadurch, daß er sich auf den Deckel überträgt, nach der entgegengesetzten Seite hin geschwächt wird, — und dies um so mehr, je freier das Elektricum in dem Metalle, woraus der Deckel besteht, sich bewegen kann, weil es sich dann auch in Folge des Druckes um so leichter auf der Oberfläche des Deckels ansammelt und als freie Elektricität nach außen wirkt. Gleichwohl übt das E des Deckels einen Gegendruck aus, welcher verhindert, daß der negativ elektrische Zustand der unteren Harzfläche deutlich hervortritt, was erst dann geschehen wird, nachdem man dem Deckel sein freies + E durch Berührung mit dem Finger entzogen hat. Berührt man aber mit einem Finger den

Deckel und gleichzeitig mit einem andern die Form, so erhält man natürlich einen weit stärkeren Schlag, als wenn man nur den Deckel berührt hätte. Denn nun erhält man nicht blos einen einfachen elektrischen Funken, sondern während der eine Finger vom Deckel E empfängt, giebt der andere solches an die Form ab.

Hebt man den Deckel, nachdem er durch einfache Berührung mit dem Finger, oder auf die letzt erwähnte Weise sein freies E verloren hat, vom Kuchen auf; so zeigt er sich durchweg negativ elektrisch und ist daher im Stande, dem angenäherten Finger lebhafte Funken zu entlocken, welche freilich kräftiger sein werden, wenn man den Deckel sein + E durch gleichzeitige Berührung der Form genommen hat.

Macht man den Kuchen, während er auf einer metallischen Unterlage liegt, durch Reiben elektrisch: so wirkt der Druck, welchen das auf der Oberfläche angehäufte E ausübt, zum Theil durch die elektrischen Sphären des Harzes hindurch auf die Elektricität der Form, die nach der dem Kuchen entgegengesetzten Fläche und von da in den Boden entweicht, sofern eine leitende Verbindung hergestellt ist. Hierdurch wird es möglich, daß sich eine größere Menge E auf der oberen Fläche des Harzes ansammelt, als außerdem geschehen würde.

Ist die Form isolirt, so muß sich dieselbe gleich nach dem Reiben, wie aus dem kurz zuvor Angeführten erhellet, positiv elektrisch zeigen, ebenso der Deckel, wenn er aufgesetzt wird, wobei aber die Elektricität der Form an Intensität abnimmt, da sich nun der Druck von der Oberfläche des Harzkuchens aus vorzugsweise nach dem Deckel — welche näher ist und wegen seiner Leitfähigkeit dem E freiere Bewegung gestattet — richtet. Wird aber dem Deckel gar sein freies + E entzogen, so findet nun der elektrische Druck keine Gegenwirkung mehr, seine Spannung pflanzt sich ganz auf den Deckel fort, wodurch er die Fähigkeit verliert, rückwärts auf die elektrischen Sphären des Harzes und damit auf das E der Form zu wirken; jene Sphären dehnen sich vielmehr jetzt nach oben hin, d. h. die untere Fläche des Harzes wird negativ elektrisch, weshalb auch das E der Form nach der

oberen Fläche, welche mit dem Harze in Berührung ist, sich begeben muß, — d. h. die Form wird an ihrer unteren Fläche ebenfalls negativ elektrisch.

Wenn man den Deckel nach der Berührung abnimmt, so zeigt er sich negativ, die Form dagegen wieder positiv elektrisch, weil nun die elektrische Spannung auf der Oberfläche des Kuchens zum Theil sich wieder nach der Form hinwendet. Wird gleich nach dem Reiben, noch ehe der Deckel aufgesetzt ist, die Form mit dem Finger berührt, so entläßt sie das durch den bekannten Druck in ihr aufgeregte E als Funken, womit ihr elektrischer Zustand verschwindet; legt man nun den Deckel auf, so wird derselbe positiv elektrisch in Folge der auf ihn sich fortpflanzenden elektrischen Spannung, die Form aber eben deshalb negativ elektrisch. Werden jetzt Deckel und Form mit zwei Fingern in Verbindung gebracht, so erhält man den bekannten Stoß, worauf weder Deckel noch Form ein Zeichen von Elektricität geben können, indem dadurch, daß der Deckel sein freies + E an den Finger abgegeben und die negativ elektrische Form von dem anderen einiges E empfangen hat, totales Gleichgewicht in dem ganzen Apparate besteht, welches aufgehoben wird, sobald man den Deckel wegnimmt: Deckel und Form müssen dann freie Elektricität zeigen und zwar jener negative, weil er das E, welches ihm innewohnte, entlassen, diese positive, weil ihr durch Berührung mit dem Finger wirklich E zugeführt worden ist.

Bei allen diesen Processen verliert der Kuchen eigentlich nichts durch Mittheilung von seiner Elektricität — sofern seine Oberfläche hinreichend eben ist —, sondern er wirkt nur durch Fortpflanzung der Spannung, welche das auf ihm angehäufte E gegen die Umgebung ausübt. Mittheilung des E findet Statt, wenn der Kuchen an seiner Oberfläche Hervorragungen besitzt, an welchen sich das E, wie wir wissen, dergestalt verdichtet, daß es nothwendig ausströmen muß, entweder in den Deckel, oder in die Luft — namentlich wenn letztere feucht ist —, wodurch der Apparat seine Wirksamkeit bald verliert. Man hat die Erfahrung gemacht, daß es für die fortdauernde Wirksamkeit des Instrumentes

räthlich sei, den Deckel auf dem Kuchen liegen zu lassen, was leicht einzusehen ist, wenn man bedenkt, daß die allmälige Zerstreuung der Elektricität in die Luft, welche vermöge der freien Repulsion zwischen den Elementen des E auf der Oberfläche des Harzkuchens nothwendig stattfinden muß, dadurch, daß diese Repulsion ganz gegen den Metalldeckel gewendet und gleichsam an diesen gefesselt ist, verhindert wird.

Das Prinzip der Erklärung bleibt dasselbe, wenn man den Kuchen — statt positiv — negativ (d. h. durch Entziehung von E) elektrisirt, oder wenn man statt des Harzkuchens eine Glasscheibe nimmt, welche auf ihrer Oberfläche durch Reiben mit einem amalgamirten Leder negativ elektrisch wird; nur schreitet die Erklärung in entgegengesetzter Richtung fort.

Zum Ueberflusse wollen wir hier noch den Condensator anführen, welcher bekanntlich dazu dient, kleine Mengen der Elektricität zu verdichten und dadurch wahrnehmbar zu machen. Er besteht überhaupt aus zwei Metallplatten, welche durch irgend einen nichtleitende Substanz von einander getrennt sind. Gewöhnlich legt man auf eine runde Metallplatte, nahe am Rande derselben, drei kleine Glasstückchen oder Siegellackkörnchen in gleich weiter Entfernung von einander, worauf die andere Metallplatte mittelst einer isolirenden Handhabe gesetzt wird; so daß sich also eine nichtleitende Luftschicht zwischen beiden befindet.

Bringt man nun die eine Metallplatte mit dem Körper, dessen Elektricität man sammeln will, in Berührung, während man auf die andere einen Finger legt, so wird die letztere, falls der Körper der ersten positive E zugeführt, durch Vertheilung, wenn auch nur schwach, elektrisch. Denn die vom Körper jener Platte mitgetheilte Elektricität übt durch die Luftschicht hindurch, wie wir wissen, einen Druck auf das E der zweiten Platte aus, welches dadurch zurückgetrieben und in den dargebotenen Finger zu entweichen genöthigt wird. Dies macht aber die zweite Platte negativ elektrisch und die Folge davon ist, daß sich jener Druck ganz nach ihr hin richtet, weil er hier am wenigsten Widerstand findet. Das E der ersten Platte flieht also nach derjenigen Fläche

derselben, welche der zweiten gerade zugekehrt ist, wodurch jene zugleich die Eigenschaft erlangt, noch mehr E vom Körper aufzunehmen. So lange nun die erste Platte nach der bisherigen Weise auf der zweiten liegt, kann sich das in ihr verdichtete E des Körpers nicht zeigen, eben weil es nur das Bestreben hat, in die zweite überzugehen, was freilich die nichtleitende Luftschicht nicht gestattet; hebt man sie aber vermittelst ihres isolirenden Handgriffs auf, so wird das angesammelte E frei, wie sich an einem Elektrometer leicht nachweisen läßt.

15. Was kann wohl in der Wirklichkeit geschehen, wenn man die Glasscheibe einer Elektrisirmaschine mittelst einer Kurbel umdreht, um sie an dem mit Amalgam überzogenen Lederkissen zu reiben? Dasjenige Elektricum, welches in der Glasscheibe vorhanden ist, kann während des Reibens nicht ruhig in derselben bleiben, sondern muß in das leitende Amalgam, welches mit der Scheibe in unmittelbarer Berührung ist, und von da in den Boden entweichen, da dieser mit jenem in leitender Verbindung steht. Das Glas erleidet also wegen der Aufregung seiner Theile durchs Reiben einen Verlust an E, d. h. es wird negativ elektrisch. Nun nähern sich aber die geriebenen Stellen des Glases dem isolirten Conductor, welcher denselben so viel E abgibt, als sie durch das Reiben verloren haben; wobei sich zugleich das E der ihn umgebenden Luft nach ihm hindrängt, ohne doch die Lufttheilchen zu verlassen. Aber eben weil das E des Conductors sich den geriebenen, also negativ elektrischen Stellen des Glases zuwendet und ihnen den Verlust durch Mittheilung ersetzt, wird der Conductor selbst negativ elektrisirt, während das Reibkissen positiv elektrisch wird, da es ja fortwährend vom Glase E empfängt, was freilich in den Boden abfließt; — geschähe das letztere nicht, so müßte das E bei einiger Anhäufung im Kissen wieder ins Glas zurückströmen.

Wird ein Leiter in die Nähe des negativ elektrisirten Conductors gebracht, so muß er diesem, wie es nicht anders seyn kann, sein E abgeben; dabei springt natürlich der elektrische Funken von ihm auf den Conductor und nicht etwa umgekehrt

von dem letzteren auf den ersteren. Befestigt man auf dem Conductor eine metallene Spitze, so strömt in diese das Elektricum der umgebenden Luft in Gestalt eines leuchtenden Feuerbüschels ein; nähert man aber dem Conductor eine Metallspitze, so zeigt sich an dieser kein Feuerbüschel, sondern ein leuchtender Stern, weil aus ihr das E hervorbricht, um nach dem negativ elektrischen Conductor überzugehen. In Wahrheit können nur diejenigen Körper leuchten, welche das Elektricum wirklich aussenden, nicht aber die, welche es empfangen. An der auf dem Conductor befestigten Spitze erscheint deshalb ein Strahlenbüschel, weil die Lufttheilchen in gewisser Entfernung um die Spitze herum ihr Elektricum an diese abgeben; sie selbst (die Lufttheilchen) leuchten dann, nicht aber die Spitze, welche das E von jenem empfängt und in der dasselbe verschwindet. Eine dem Conductor entgegengehaltene Metallspitze entläßt ihr E in Gestalt eines leuchtenden Sterns: hier ist es eigentlich nur ein Punct, welcher Elektricum nach dem Conductor hin aussendet, dort aber sind es sämmtliche Lufttheilchen in der Nähe der Spitze, welche dieser Elektricität abgeben, also viele leuchtende Punkte, welche zusammen die Erscheinung eines Lichtbüschels verursachen.

Wir haben hiermit ein unterscheidendes Merkmal der beiden elektrischen Zustände. Da dieses Phänomen an Metallspitzen vorzüglich bemerkbar hervortritt, so können wir sagen: diejenigen Spitzen, welche nur einen leuchtenden Stern oder eine Strahlenkrone zeigen, sind positiv elektrisch — sie senden also auch wirklich E aus —, diejenigen dagegen, welche einen langen Lichtbüschel zeigen, sind negativ elektrisch, indem sie das E von verschiedenen Seiten her empfangen.

Hiernach sehen wir uns aber genöthigt, die gewöhnliche Bezeichnungsart durch + und — umzukehren, da man diejenige Electricität, welche die wahrhaft positive ist, negativ und umgekehrt, was bei uns in der That negativ ist, positiv nennt.

Die sogenannte Harzelektricität, welche man erhält, wenn man Harz mit einem Katzenfelle, mit Wolle oder Seide reibt, ist die positive; die Glaselektricität aber, welche durch Reiben

des Glases mit Wolle oder Seide hervortritt, nennen wir **negative**.

Bei der Erklärung der elektrischen Phänomene ist es im Allgemeinen zwar gleichgültig, welchen von beiden elektrischen Zuständen man als positiv oder negativ betrachten will; das Princip der Erklärung bleibt dabei dasselbe. Dennoch ist es in anderer Rücksicht wichtig, beide Zustände durch irgend ein hervorstehendes Merkmal unterscheiden zu können, und da sich nun ein charakteristischer Unterschied beider elektrischer Zustände herausgestellt hat, so müssen wir natürlich auch Gebrauch davon machen. Beim Elektrophor wird daher der Harzkuchen durch Schlagen mit einem Fuchsschwanze oder Katzenpelze positiv elektrisch und nicht negativ, wie man gewöhnlich annimmt; der Conductor unserer Elektrisirmaschine aber ist nothwendig negativ elektrisch, während man ihn sonst für positiv elektrisch hält. —

Einen andern bemerkenswerthen Unterschied der entgegengesetzten elektrischen Zustände zeigen uns die **Lichtenberg'schen Figuren** auf dem Harzkuchen.

Gibt man nämlich einer Harzscheibe positive Elektricität (z. B. mittelst einer Leidener Flasche) und bestreut sie dann mit fein gepulvertem Colophonium oder Bärlappsamen, so bilden sich um die Stelle, auf welche der elektrische Funke schlug, strahlenlose Ringe oder Zonen. Denn das Elektricum, welches die Harzscheibe an einem Punkte erhielt, konnte sich von da aus nicht gleichförmig nach allen Richtungen verbreiten, wie dies bei einem guten Leiter der Electricität geschieht, — sondern es mußten ringsum abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen — d. h. Zonen — entstehen, welche der aufgestreute Staub sichtbar machte. Wird aber die Harzscheibe negativ elektrisirt, d. h. wird ihr an einer Stelle E entzogen, so muß das E aus den umliegenden — näheren und entfernteren — Stellen in gewissen Radien nach jener Stelle dringen, um den Mangel zu ersetzen. Die erwähnten Zonen können sich jetzt nicht bilden, da das E nicht, wie im vorigen Falle, auf der Harzscheibe irgendwo angehäuft ist, sondern in solchen Richtungen, in denen der geringste Widerstand stattfindet,

wird das E herbeiströmen, um die leere Stelle auszufüllen. Diese Richtungen bilden die Strahlen eines Sterns, wie das aufgestreute Pulver zeigt. Jedenfalls finden sich in der Harzscheibe selbst Unterschiede genug, welche das E veranlassen können, sich gerade in gewissen Richtungen vorzugsweise nach der Stelle zu bewegen, welche Ersatz verlangt. Indem nun das E des Harzkuchens in bestimmten Hauptrichtungen nach der leeren Stelle dringt, müssen gleichzeitig von der Seite her ähnliche Bewegungen des E gegen jene Richtungen erfolgen, weil eben dadurch, daß das E in denselben sich hinwegbegibt, für das E der zwischenliegenden Stellen ein Antrieb entsteht, das elektrische Gleichgewicht wieder herzustellen; daher die dendritenähnlichen Verästelungen, welche in der Regel jener Stern hat. —

16. Aus unserer Theorie ergab sich oben mit Nothwendigkeit der negativ elektrische Zustand des Conductors, woraus weiter folgte: daß leitende Körper, welche ihm hinreichend genähert werden, E an ihn abgeben müssen.

Um den Grad der Ladung des Conductors, d. h. die Größe seines Mangels an Electricum, zu beurtheilen, pflegt man das Henley'sche Quadrantenelektrometer aufzuschrauben. Wird nun die Maschine gedreht, so wird anfänglich das Kügelchen des Electrometers lebhaft abgestoßen, es steigt rasch, bleibt aber bald an einem gewissen Punkte des getheilten Halbkreises feststehen, obgleich die Maschine in unausgesetzter Thätigkeit sich befindet. Die Spannung auf dem Conductor erreicht also eine Gränze, welche trotz der steten Elektricitätsentwicklung nicht überschritten werden kann. Nach dem dualistischen Systeme soll der Grund darin liegen, daß der Conductor ungeachtet der guten Isolirung doch einen fortwährenden Verlust an Elektricität erleidet, welcher Verlust natürlich mit der Größe der Spannung in directem Verhältnisse steht. Sobald nun die Spannung auf dem Conductor so groß ist, daß der elektrische Verlust in jedem Zeittheilchen gleich ist der Elektricitätsmenge, welche in derselben Zeit dem Conductor zugeführt wird, wird das Korkkügelchen seine Stellung fast unver-

ändert beibehalten, mag auch die Maschine noch länger gedreht werden. Die Gränze der Ladung ist dann erreicht.

Diese Erklärung ist richtig für einen positiv elektrischen Conductor, weil auf diesem eine wirkliche Anhäufung des Elektricums stattfindet. In unserem Falle wird aber der Conductor dadurch, daß er sein E an die Glasscheibe abgibt, negativ elektrisch, und das aufgeschraubte Elektrometer zeigt die Größe des Mangels an E, nicht die Spannung von wirklich angehäufter Elektricität. Je mehr nun der Conductor sein E an das Glas entläßt, um so stärker drängen sich auch die elektrischen Sphären der umgebenden Luft zu ihm hin; bei fortgesetztem Drehen der Maschine muß der Verlust des Conductors an E bald eine solche Größe erreichen, daß die umschließende Luft ihr E nicht mehr zurückhalten kann, sondern zum Theil an den Conductor abtreten muß. Alsdann kann der negativ elektrische Zustand des Conductors in einem noch höheren Grade nicht mehr hervortreten, das Elektrometer wird stets auf denselben Punkt der Theilung hinweisen, da nun der elektrische Verlust, welchen der Conductor in jedem Zeittheil nach dem Glase hin erleidet, gleich sein wird der Elektricitätsmenge, welche in derselben Zeit ihm von der Luft zugeführt wird. Das Elektrometer giebt also nicht allein den Grad an, in welchem der negativ elektrische Zustand auf dem Conductor hervorgetreten ist, sondern auch zugleich ungefähr die Größe der Spannung, mit welcher das Elektricum der Luft nach dem Conductor hinstrebt.

Hieraus folgt von selbst, daß man bei feuchtem Wetter dem Conductor keine so starke negative Ladung ertheilen kann, wie in trockner Luft.

17. Nach den Beobachtungen vieler Physiker ist sowohl bei bedecktem, als wolkenlosem Himmel stets einige freie Elektricität in der Luft vorhanden. Bei heiterer, reiner Atmosphäre soll sie meistens positiv, bei trüber und während eines Regens negativ sein. Die Mittel, deren man sich bedient, um die Elektricität der Atmosphäre zu erforschen, sind hinlänglich bekannt.

Wenn eine spitzige isolirte Metallstange hoch in die wolkenlose Atmosphäre hineinragt, so muß sie einen Theil derjenigen Elektricität, welche sie enthält, entlassen; denn das E der Stange findet daselbst weniger Widerstand, sich den elektrischen Sphären, welche um die Molecüle der Luft sich schon gebildet haben, noch anzuschließen, als in den unteren Schichten, wo die Aufregung größer ist. Jeder Körper, in welchem das Elektricum einmal angehäuft gewesen, hält noch einen Rest wahrer Elektricität zurück, weil die Repulsion, um derenwillen das E den Körper verlassen muß, immer schwächer und zuletzt unendlich gering wird, wenn der Zustand des Körpers dem elektrischen Gleichgewicht mit der Umgebung unendlich nahe kommt. Wird daher eine Stange, welche hinsichtlich der unteren Schichten der Atmosphäre sich im natürlichen Zustande befindet, hoch in die Luft aufgerichtet, so ist das elektrische Gleichgewicht aufgehoben, da in den oberen Schichten das E mehr gebunden ist und deshalb die Metallstange veranlaßt wird, sich von einem Theile des ihm noch inwohnenden Electricums zu befreien. Doch gilt das Gesagte gerade nicht von den höchsten Schichten der Luft, sondern überhaupt von allen denen, welche höher gelegen sind als diejenigen, in welchen wir uns gewöhnlich aufhalten und worin die Körper in's elektrische Gleichgewicht getreten sind. Aus dem Obigen folgt aber, daß bei wolkenlosem Himmel die Luft nicht positiv im eigentlichen Sinne, sondern vielmehr negativ elektrisch ist und dies um so mehr, je höher man steigt. Auch ist nach unserer Ansicht ohne Weiteres klar, daß dieser negativ elektrische Zustand der Luft bei Windstille stärker, als bei bewegter Luft hervortreten muß; denn sobald die Atmosphäre durch Wind aufgeregt ist, wird auch die Repulsion zwischen den elektrischen Sphären der Luft wirksam werden, so daß ein Theil des gebundenen E in Freiheit gesetzt wird.

Auch im Winter bei heiterem Frostwetter soll der negativ elektrische Zustand der Luft bedeutender seyn, als im Sommer, was sehr begreiflich ist, sofern es seine Richtigkeit hat, daß durch die Verdunstung des Wassers der Atmosphäre Elektricum zuge-

führt wird; dies hängt aber mit der Bildung der Gewitter zusammen.

Unsere Theorie führt nothwendig zu der Meinung, daß bei allen Formveränderungen der Körper elektrische Erscheinungen entstehen, wie dies auch mehr oder weniger die Erfahrung bestätigt.

Hat das Elektricum um die Elemente oder Molecüle der Materie Sphären gebildet, so müssen dieselben nothwendig Veränderungen erleiden, sobald jene Molecüle bei der Formveränderung des Körpers auf andere Weise sich gruppiren. Dies wird sich zum Theil in bekannten elektrischen Erscheinungen zu erkennen geben. Bei der Verdunstung des Wassers werden nun durch Einwirkung der Wärme die Wassermolecüle von einander getrennt, wodurch dem Elektricum Gelegenheit gegeben wird, größere Sphären um dieselben zu bilden, als es ihm während ihrer Verbindung mit einander möglich war.

In die Atmosphäre aufsteigend verbreiten sich die isolirten Wassermolecüle gleichförmig, ohne vielleicht merkliche Zeichen von Elektricität zu verrathen, da das E großentheils in ihnen gebunden ist; verdichten sie sich aber irgendwo, so muß ein Theil des E der Sphären in dem nunmehr entstehenden Dunste sich anhäufen. Da aber die Dunstbläschen durch zwischenliegende Lufttheilchen isolirt sind, so wird sich die Wolke noch so ziemlich in einem natürlichen Zustande befinden, bis der Dunst durch Hinzutritt von anderem oder durch sonst eine Ursache noch mehr verdichtet wird, so daß nun die Wassermolecüle in unmittelbare Berührung kommen. Jetzt erst entsteht zwischen den elektrischen Sphären der Molecüle eine heftige Repulsion, vermöge deren das E aus dem Innern der Wolke heraus — da hier die Repulsion am stärksten ist — nach der Oberfläche getrieben wird, um von da in der Gestalt des elektrischen Funkens gewaltsam durch die Luft sich Bahn zu brechen. Eine so elektrisirte Wolke kann nun auf eine andere, weit entfernte vertheilend wirken, indem der von ihr ausgehende elektrische Druck durch die zwischenliegenden Luftschichten und die in denselben befindlichen Dunsttheilchen sich fortpflanzend

das E der andern Wolke von der zugekehrten Seite nach der abgewendeten treibt. Während aber das E der erstern Wolke als elektrischer Funken die Luft durchbricht, um in den leeren Raum, welchen es sich in dem zugekehrten Theile der zweiten Wolke selbst geschaffen hat, einzudringen, muß gleichzeitig aus dem entgegengesetzten Theile dieser Wolke — weil hier das E derselben angehäuft ist — ein elektrischer Funken hervorbrechen. Ist jedoch die Entfernung beider Wolken bedeutend, so wird das E der ersten nicht wirklich in die zweite gelangen, vielmehr wird das auf der Oberfläche jener Wolke angehäufte E in einer gewissen Entfernung eine Anhäufung des Elektricums in den zwischenliegenden Luft- und Dunstschichten hervorbringen, von wo aus wieder — in einer bestimmten Distanz — eine Verdichtung der Elektricität bewirkt wird, und so in abnehmendem Grade fort bis zur andern Wolke. Bricht nun aus der eigentlichen Gewitterwolke der Blitz hervor, so springen zugleich zwischen beiden Wolken aus allen jenen Stellen, in denen Anhäufung des E stattfindet, elektrische Funken über, sowie auch aus dem abgewendeten Theile der anderen Wolke ein Blitz zum Vorschein kommt. Hieraus erklärt sich die Länge des Blitzes, welche häufig eine Meile und darüber beträgt. Nothwendig ist es natürlich nicht, daß der Gewitterwolke gerade eine zweite gegenübersteht, welche von ihr durch Vertheilung elektrisirt wird; fehlt eine solche, so wirkt sie doch auf die angränzenden feuchten Luftschichten auf die angegebene Weise. Schwebt aber eine solche Gewitterwolke hoch über terrestrischen Gegenständen hin, so wird sie vertheilend auf dieselben wirken, indem sie vermöge des von ihr ausgehenden elektrischen Druckes das E dieser Gegenstände zurücktreibt, um ihr eignes E in den dadurch geschaffenen freien Raum zu senden. Ob dieses letztere aber wirklich geschieht, hängt von den Umständen ab: nicht allein von der Entfernung der Wolke, sondern auch von der Beschaffenheit des Gegenstandes, in welchem die Vertheilung des E vor sich geht. Ist der Gegenstand, auf welchen der elektrische Druck vertheilend wirkt, ein Leiter der Elektricität: so kann natürlich in diesem das vorhandene E viel

leichter nach der entgegengesetzten Seite in den Boden getrieben werden, wodurch dann auch, wie man leicht sieht, die Gefahr des Ueberschlages von E aus der Gewitterwolke in den Gegenstand um so größer wird. Wenn aber die Wolke, welche auf solche Weise in einem Gegenstande das E zurückgetrieben hat, nach einer andern Seite hin sich entladet, so muß das zurückgedrängte E wieder mit Gewalt in dem Gegenstande hervortreten; es findet dann das statt, was man einen Rückschlag nennt.

Die bekannten Erfahrungen über die Wirkungen des Blitzes lassen sich nach unsern Principien leicht erklären, wobei wir uns nicht länger aufhalten wollen.

Um die Erscheinungen des Gewitters zu erklären, gingen wir von der Annahme aus, daß sich bei der Verdunstung des Wassers Elektricität entwickele, dergestalt, daß um die isolirten Wassertheilchen größere Sphären von E gebildet werden, als außerdem; das Elektricum nun, das in diesen Sphären großentheils gebunden ist, wird frei, sobald sich das Wassergas zu eigentlichem Dunst verdichtet. Es ist wahrscheinlich, daß die Schnelligkeit der Verdunstung Einfluß hat auf die Menge der frei werdenden Elektricität, so daß eine Wolke, je schneller sie entstand, auch um so mehr Elektricität enthält. Aber gewiß ist, daß, je schneller und stärker sich eine solche Wolke condensirt, auch um so heftiger die Repulsion zwischen den elektrischen Sphären der Dunsttheilchen wird, und daß wir dann um so mehr jene Erscheinungen zu erwarten haben, welche das Gewitter charakterisiren. Bei einer allmäligen Condensation des Wassergases findet aber eine eben so allmälige Ausgleichung der elektrischen Zustände Statt, namentlich wenn das Gas bei einer geringen Tension des Wassers entstanden ist. Es scheint nicht, als ob sich dieser Erklärung des Gewitters gewichtige Gründe entgegenstellen ließen, zumal, wenn man sich an die Thatsachen erinnert, daß die eigentlichen Erscheinungen des Gewitters stets von einer raschen Condensation des Wassergases begleitet sind. Nur unter Voraussetzung zweier elektrischer Fluida treten hier, wie anderwärts, Schwierigkeiten der Erklärung entgegen.

Nach den Beobachtungen Armstrong's ist der aus dem Sicherheitsventil eines Dampfkessels mit Heftigkeit ausströmende Dampf positiv, dagegen der Kessel selbst negativ elektrisch, oder eigentlich umgekehrt: der Dampfkessel positiv, der Dampfstrahl aber in Wahrheit negativ elektrisch, da wir nach unseren Ansichten die Zeichen + und — überall umkehren müssen. Die Sache kann in der That kaum anders seyn.

Das Wasser ist in unmittelbarer Berührung mit einem Metalle, d. h. mit einem guten Leiter der Elektricität und muß schon deshalb geneigt seyn, das ihm innewohnende Elektricum an das Metall abzutreten. Durch Einwirkung der Wärme bildet sich nun Dampf, welcher einen nicht unbedeutenden Druck auf das zurückbleibende Wasser ausübt, wodurch noch mehr das E des Wassers veranlaßt wird, sich nach dem Metalle zu begeben, während es sonst Sphären um die Molecüle des entweichenden Wassers gebildet haben würde. Die Verhältnisse sind hier gleich von Anfang her der Art, daß sich die elektrischen Sphären nur höchst unvollkommen bilden können; denn eben indem durch den Druck des Dampfes das E des Wassers zum Metalle entweicht, muß die Elektricität, welche der Dampf enthält, wieder in's Wasser zurückgehen.

Als daher Armstrong eine Locomotive auf eine isolirende Unterlage gestellt hatte, konnte er kräftige Funken aus derselben ziehen, wenn die negative Elektricität des ausströmenden Dampfes gehörig abgeleitet wurde.

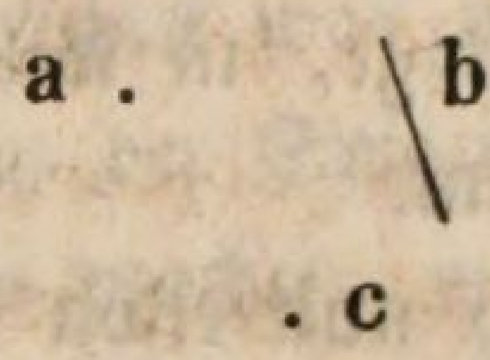
Nach Faraday soll die Quelle dieser Elektricität die Reibung des mit Gewalt ausströmenden Dampfes an den Rändern der Oeffnung seyn. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die elektrischen Zustände, welche bei der von Armstrong construirten Hydroelektrisirmaschine zum Vorschein kommen, vorzugsweise ihren Grund in der Reibung der Dampftheilchen an den Wänden der Ausströmungsröhren haben, wie dies aus mancherlei Umständen hervorgeht. Aber es ist leicht einzusehen, daß man aus den elektrischen Erscheinungen dieser Maschine keinen giltigen Schluß auf die Elektricitätsentwickelung bei der Verdunstung des Wassers in

der freien Natur ziehen kann, da die Umstände so wesentlich verschieden sind.

Wir halten fest, daß die freie Verdunstung eine der vorzüglichsten Quellen der atmosphärischen Elektricität ist. Wahrscheinlich ist auch, daß in den Pflanzen während ihrer Entwickelung eine Anhäufung von E stattfindet, namentlich da, wo der Vegetationsprozeß am lebhaftesten ist; freilich kann diese Elektricität in der Pflanze selbst keine große Spannung erreichen, weil sie im Momente der Anhäufung sich zerstreuen wird, jedoch nicht allein durch die saftführenden Gefäße in den Boden, sondern auch zum Theil durch die Blätter in die Atmosphäre.

17. Wir wollen nun noch die Art und Weise, wie Wheatstone die Geschwindigkeit bestimmt, mit welcher das elektrische Fluidum einen langen Leiter durchläuft, betrachten.

In der beigegebenen Figur sey b ein vertikal stehender



ebener Spiegel, a ein leuchtender Punkt (wenn man will, eine Kerze), c aber das Auge des Beobachters. Auch sollen a b c in einer Horizontalebene liegen. So lange nun der Spiegel ruhig steht, sieht das Auge c das Bild des Punktes a im Spiegel b an einer bestimmten Stelle, welche sich jedoch ändert, wenn der Spiegel gedreht wird; geschieht die Drehung des Spiegels mit hinlänglicher Geschwindigkeit, so gewahrt das Auge statt des Kerzenbildes einen Lichtstreif, da bekanntlich der Lichteindruck von allen den Stellen, welche das Bild nach und nach durchläuft, noch eine Zeit lang im Auge nachwirkt, weshalb man den Lichteindruck von den früheren Stellen des Bildes noch wahrnimmt, während es schon an einer andern Stelle angekommen ist.

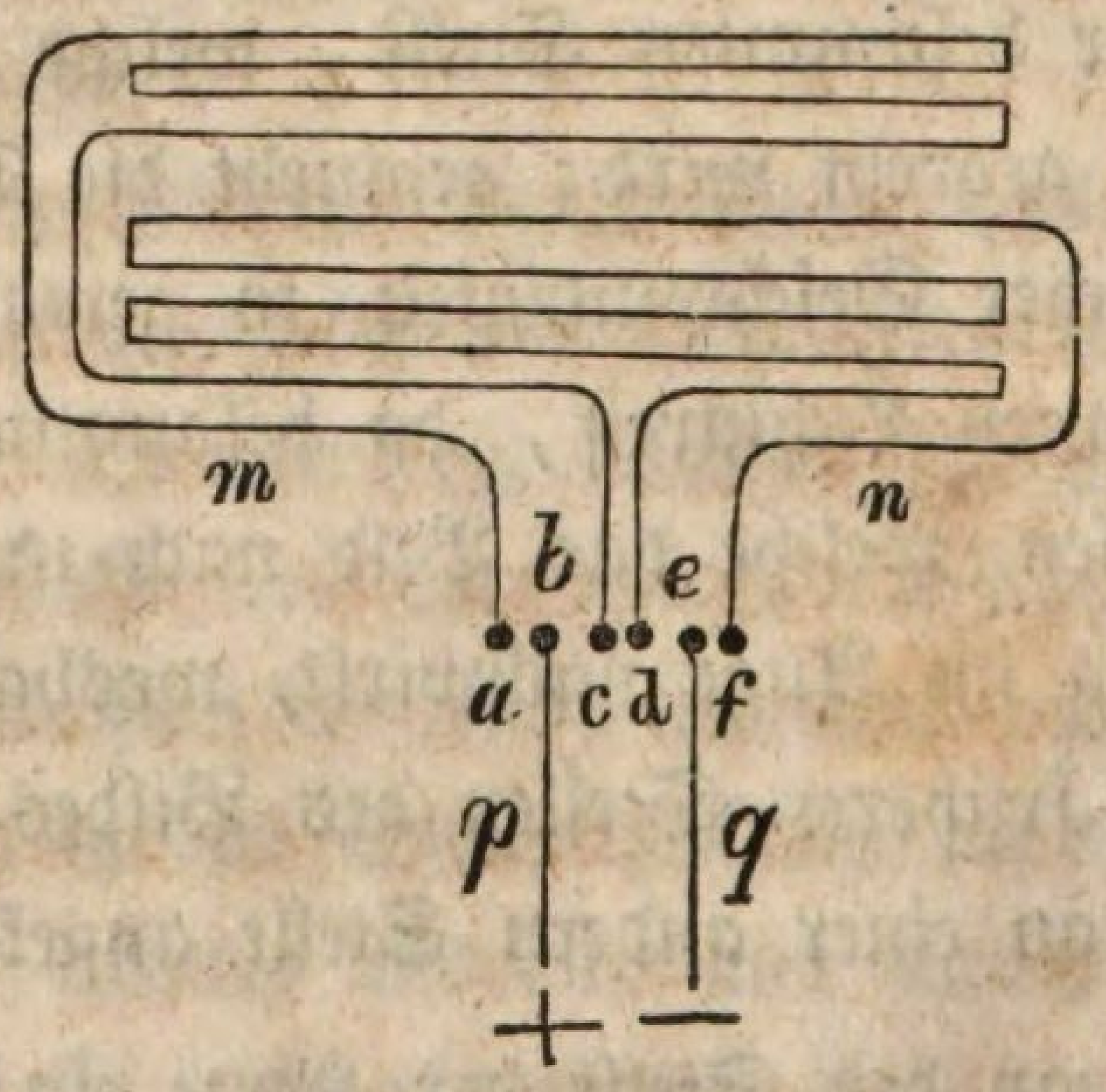
Springt nun an der Stelle der Kerze ein elektrischer Funken über, so muß bei einer raschen Rotation des Spiegels das Bild des Funkens gleichfalls in die Länge gezogen erscheinen, insofern

nämlich als der elektrische Funken einige Dauer, sey sie auch noch so gering, besitzt.

Denken wir uns den Spiegel an einem rotirenden Apparate so befestigt, daß er 800 Umdrehungen in einer Secunde macht, so wird er, um einen Bogen von 1° zu durchlaufen, $\frac{1}{360.800}$ und mithin, um einen Winkel von $\frac{1}{2}$° zu durchlaufen, $\frac{1}{2.360.800} = \frac{1}{576000}$ Secunde nöthig haben. Da aber die Winkelgeschwindigkeit des Bildes bekanntlich doppelt so groß ist, als die des Spiegels, so legt das Bild in $\frac{1}{2.576000} = \frac{1}{1152000}$ Secunde einen Bogen von $\frac{1}{2}$° zurück. Hieraus folgt also, daß, wenn der elektrische Funken nur eine Dauer von $\frac{1}{1152000}$ Secunde hat, er um einen halben Grad verlängert erscheinen muß; dieß ist beinahe eine Länge, in welcher ein Zoll in einer Entfernung von 10 Fuß erscheint.

Wheatstone bediente sich nun etwa folgender Vorrichtung zur Ermittelung der Geschwindigkeit, mit welcher sich das Elektricum in einem Leiter bewegt.

Auf einem Brette, das etwa $3\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser hielt, waren 6 Kugeln a b c d e f wohl isolirt befestigt.



Von der Kugel b führte ein Draht p zur innern Belegung einer Leidener Flasche, von der Kugel a aber ein solcher m in

vielen Windungen zur Kugel c; die Entfernung beider Kugeln betrug 0,1 Zoll. Von der Kugel d führte wieder ein vielfach gewundener Draht n zur Kugel f, welche gleichfalls in einer Entfernung von 0,1 Zoll der Kugel e gegenüberstand, von welcher endlich ein Draht q zur äußeren Belegung der Flasche ging. Die 6 Kugeln des Brettes lagen sämmtlich in einer horizontalen Linie. Die Länge der Drahtwindungen zwischen a und c betrug $\frac{1}{4}$ Meile und eben so lang war die Länge des Drahtes zwischen den Kugeln d und f. Der elektrische Strom hatte also von der inneren zur äußeren Belegung einen Weg von $\frac{1}{2}$ englischen Meile zu durchlaufen.

Um zu sehen, ob diese Funken vollkommen gleichzeitig erschienen, wurde 10 Fuß vom Brette entfernt in gleicher Höhe mit demselben der Apparat mit dem rotirenden Spiegel angebracht; die Rotationsaxe war wagerecht und den 6 Kugeln parallel. Der Beobachter stellte sich so, daß die Rotationsaxe gerade gegen ihn gerichtet war und sah dann von oben auf den Spiegel herab. Wenn der Spiegel gerade einen Winkel von 45° mit der Horinzontalen machte, waren die zwischen den Kugeln überspringenden Funken sichtbar. In dieser Stellung zeigte der Spiegel die Bilder der drei Funken so ⋮, während bei rascher Rotation alle drei in die Länge gezogen erschienen, auch war noch das mittlere gegen die äußeren verrückt; so daß das Ganze folgende Gestalt zeigte : , wenn der Spiegel von der rechten zur linken rotirte; geschah aber die Rotation im entgegengesetzten Sinne, so zeigte sich diese Gestalt : .

Hieraus hat man nun den Schluß gezogen, daß, wenn der Entladungsdraht sehr lang ist, keine momentane, sondern eine successive Entladung erfolgt, weshalb auch die Funken in die Länge gezogen erscheinen.

Nämlich in demselben Moment, in welchem die innere Belegung ihr Elektricum durch den Draht p an den Draht m abgiebt, springt von dem Knopf f des Drahtes n ein Funken über zur Kugel e des Drahtes q, welcher zur äußeren Belegung der Flasche führt. Dieß muß nach unseren früheren Auseinan-

derſetzungen vollkommen klar ſeyn. Wir nehmen hier an, daß auf der innern Belegung der Flaſche das E angehäuft ſey, daß alſo dieſe Belegung poſitiv, dagegen die äußere negativ ſey.

Während nun das E der innern Belegung nach der Kugel des Drahtes p ſich bewegt, zieht ſich das E des vielfach gewundenen Drahtes n nach der Kugel f hin, um von dieſer nach der Kugel e des Drahtes q, welcher zur äußeren Belegung — wo Mangel an E vorhanden iſt — führt, überzuſpringen. Schlägt alſo ein Funken von b nach a, ſo ſpringt auch in demſelben Augenblick ein ſocher von f nach e über; die beiden äußeren Funken ſind mithin vollkommen gleichzeitig. Man erkennt ſogleich, daß die Gleichzeitigkeit der äußeren Funken auch dann noch ſtattfindet, wann die innere Belegung negativ und die äußere poſitiv elektriſch iſt. Der mittlere Funken, welcher zwiſchen c und d überſpringt, iſt aber nothwendig der letzte, weil es derjenige iſt, welchen der Draht m von der Kugel b erhält; dieſer muß erſt die Länge des Drahtes zwiſchen a und c durchlaufen, ehe er von c nach d überſpringen kann, um den Mangel an E in dem Drahte zwiſchen d und f aufzuheben, welcher Mangel für dieſen Draht dadurch entſtand, daß er ſein eignes Elektricum an die äußere Belegung der Flaſche abgeben mußte. Aber eben indem das Elektricum des Drahtes zwiſchen d und f ſich nach der Kugel f bewegte, um von da nach e überzuſpringen, entſtand für das E des Drahtes zwiſchen a und c die Veranlaſſung, ſich größtentheils nach der Kugel c hin zu begeben: ſo daß der nun von b nach a überſpringende Funken eigentlich nicht von c nach d überſchlägt, ſondern vielmehr das eigne E des Drahtes, welches ſich in der Kugel c ſchon angeſammelt hat, zum Ueberſpringen von c nach d nöthigt, indem er ſelbſt die Länge des Drahtes durchläuft und ſich dem Drahte zum Erſatz an E darbietet.

Wir haben oben geſehen, daß, wenn der elektriſche Funken auch nur einen Beſtand von $\frac{1}{1152000}$ Secunde hat, er um einen halben Grad verlängert erſcheinen muß. In unſerem Falle betrug nun die Verſchiebung des mittleren Funkenbildes gegen die äuße-

ren ungefähr $\frac{1}{2}^{\circ}$, woraus folgt, daß der mittlere Funken beinahe um $\frac{1}{1152000}$ später erschien, als die beiden äußeren. Da nun in dieser Zeit das elektrische Fluidum beinahe einen Weg von $\frac{1}{4}$ englischer Meile zurückgelegt hatte, so folgt, daß es in einer Secunde einen Weg von $\frac{1152000}{1} = 288000$ englischen Meilen zurücklegte.

Man wird bemerkt haben, daß aus dem Wheatstone'schen Versuche nichts folgt für die Annahme zweier elektrischer Fluida, da sich derselbe recht gut unter Voraussetzung Eines Fluidums erklären läßt. Dennoch haben einige, wenn ich nicht irre, in dem gleichzeitigen Erscheinen der beiden äußeren Funken einen Beweis mit für die Existenz zweier Elektrica gesehen.

III. Vom Galvanismus.

18. Das Elektricum, vermöge seiner Anziehung zur Materie, kann, wie wir wissen, nicht umhin, die Elemente oder Molecüle derselben in der Form von Sphären zu umhüllen. Aber durch die Repulsion, welche im Innern der Körper zwischen seinen eignen Elementen entsteht, wird es zum Theil nach der Oberfläche getrieben, um sich von da aus allmälig zu zerstreuen, welches so lange geschehen wird, bis jene Repulsion so weit abgenommen hat, daß der Körper mit seiner nächsten Umgebung in's elektrische Gleichgewicht getreten ist. Dasjenige Quantum von E, welches auf der Oberfläche des Körpers zurückbleibt, ist abhängig von seiner chemischen Beschaffenheit, seiner Configuration, sowie auch von der Umgebung, mit welcher er sich ins elektrische Gleichgewicht setzen mußte; man sieht leicht ein, daß es bei ungleichartigen Körpern verschieden seyn muß.

Kommen nun überhaupt zwei heterogene Körper mit einander in unmittelbare Berührung, so kann das elektrische Gleichgewicht zwischen ihnen nicht mehr bestehen, es wird ein Uebergang des E aus dem einen in den andern stattfinden, und zwar wird sich das E zu demjenigen Körper hinwenden, in und auf welchem ihm die freieste Bewegung gestattet ist.

Wir wollen uns zwei Metallplatten (z. B. Zink und Kupfer) miteinander in Contact denken: so wird von derjenigen Metallplatte, welche ihr E an die andere abgibt, erst eine Vertheilung in der mit ihr in unmittelbarer Berührung stehenden bewirkt werden, bevor der wirkliche Uebertritt des E sich ereignet. Durch diese Vertheilung wird aber das E der andern Platte von derjenigen Fläche, welche mit der ersten in Berührung ist, zum Theil nach der entgegengesetzten getrieben, worauf die erste ihr E an die zweite abgibt. Unter Voraussetzung von Zink und Kupfer ist es das Zink, welches sein E an das Kupfer entläßt, weil eben das E in dem letzteren eine freiere Beweglichkeit hat; Kupfer ist ein bei weitem besserer Leiter als Zink, weshalb auch viel leichter vom Zink aus eine Vertheilung des E nach der entgegengesetzten Seite des Kupfers hin geschehen kann, als umgekehrt.

Berührt man die kupferne Platte eines Condensators, welche man auf ein Goldblattelektrometer geschraubt hat, mit einem Stück Zink, das man in der Hand hält, während die andere Condensatorplatte ableitend mit einem Finger berührt wird: so giebt das Zink sogleich einen Theil seines E an das Kupfer ab, welches sich auf dem letzteren frei verbreitet und einen Ausschlag der Goldblättchen bewirkt. Die Spannung dieser Elektricität ist allerdings gering, wird aber dadurch, daß man den negativ elektrischen Zustand des Zinks durch Berührung mit der Hand ausgleicht, merklicher. Weil nämlich das Zink einen Theil seines E an das Kupfer abgegeben hat, ist es eben so stark negativ elektrisch, als das Kupfer durch das, was es vom Zink empfangen, positiv elektrisch geworden ist. Das Zink aber, indem es von der mit ihm in Berührung stehenden Hand + E empfängt und dadurch

wieder in seiuen früheren natürlich elektrischen Zustand versetzt wird, wirkt wieder vertheilend auf das E der Kupferplatte, wodurch dasselbe an Spannung gewinnen und einen stärkern Ausschlag der Goldblättchen hervorbringen muß. Uebrigens ist es für die Spannung, welche dem sich frei zeigenden Theile der Elektricität zukommt, einerlei, ob das Zink an vielen oder wenigen Punkten mit der Kupferplatte in Berührung kommt, da dasjenige E, welches das erstere an die letztere im ersten Moment der Berührung überhaupt abtreten kann, sowohl von wenigen, als vielen Punkten aus — wegen der vollkommenen Leitungsfähigkeit der Metalle — über das Kupfer sich verbreiten kann.

Legt man auf eine ganz ebene Kupferplatte eine gleich große und gleichfalls eben geschliffene Zinkplatte, ohne daß man jedoch die letztere in leitender Verbindung mit der Hand läßt, so wird das E des Zinks zum Theil gerade so, wie im vorigen Falle, zum Kupfer übergehen und sich auf demselben verbreiten; aber nur der kleinste Theil des E, welches das Kupfer vom Zink empfangen hat, wird sich frei nach Außen zeigen, weil dieses E eben dadurch, daß das Zink durch Entlassen eines Theils seines E negativ elektrisch geworden ist, durch Rückwirkung ein Streben zum Zink hin behält. Die größte Menge der Elektricität des Kupfers wird also an derjenigen Fläche gebunden seyn, welche mit dem Zink in unmittelbarem Contact steht, und je größer die Berührungsfläche, desto größer die Quantität der gebundenen Elektricität. Sobald man aber die Zinkplatte abhebt, verbreitet sich diese Elektricität frei über die Kupferfläche und verräth eine merkliche Spannung.

Bringt man also eine isolirte Zinkplatte mit einer gleich großen und ebenfalls isolirten Kupferplatte in Berührung, so wird die letztere eben so stark positiv elektrisch, als die erstere durch Abgabe eines Theiles ihrer Elektricität negativ elektrisch geworden ist. Weil aber die auf das Kupfer übergehende Elektricität sogleich auf das Zink zurückwirkt, kann das letztere nicht so viel E an das Kupfer abgeben, als geschehen würde, wenn man die Kupferplatte

nicht isolirt hätte. Gibt man aber dem E des Kupfers eine Ableitung, so muß der negativ elektrische Zustand des Zinks stärker hervortreten und zwar um so viel mehr, als das Kupfer an + E verloren hat, d. h. der negativ elektrische Zustand der Zinkplatte muß beinahe auf's Doppelte steigen.

Man wird indessen leicht bemerken, daß die Differenz der elektrischen Zustände zweier Metalle stets dieselbe bleiben muß, gleichviel, ob die Metalle isolirt sind oder nicht.

Außerdem wollen wir hier noch erwähnen, was sich eigentlich von selbst versteht, daß dasjenige Metall, welches sein E an ein anderes abgibt, dies um so leichter thun wird, je mehr Oberfläche das letztere darbietet.

Daß durch den bloßen Contact heterogener Metalle in der That Elektricität entwickelt wird, läßt sich mit Hülfe des Condensators und verbesserten Bohnenberger'schen Elektroscopes auf die einfachste und schlagendste Weise darthun. Da die hierher gehörigen Versuche sattsam bekannt sind, so habe ich keine Veranlassung, dieselben hier näher zu beschreiben.

20. Die Meinung: daß an den Berührungsstellen heterogener Körper eine besondere Kraft — elektromotorische genannt — ihren Sitz habe und sich damit beschäftige, die Elektricität zu vertheilen, glaube ich ganz und gar verwerfen zu müssen.

Man wird schon aus dem bisher Gesagten entnommen haben, daß die Annahme einer solchen Kraft reiner Luxus ist.

Aus unserem Princip folgt ohne Weiteres, daß zwei sich berührende Körper eine um so größere elektrische Spannung erlangen müssen, je mehr sie hinsichtlich ihrer chemischen Natur und überhaupt hinsichtlich ihrer gesammten Constitution von einander abweichen: denn desto mehr Veranlassung ist dann für das Elektricum vorhanden, aus dem einen dieser Körper in den andern überzugehen. Dies gilt allgemein für alle Körper, obgleich die Metalle wegen ihrer großen Leitungsfähigkeit vorzugsweise in Betracht kommen, da in ihnen sich das Elektricum am freiesten bewegen und am leichtesten eine Vertheilung desselben bewirkt werden kann. Bei zwei Metallen, zwischen denen gar kein Ge-

gensatz stattfindet, muß deßhalb die elektrische Spannung = o seyn. Doch können bekanntlich selbst zwei Platten eines und desselben Metalles durch Berührung elektrisch werden, wenn dieselben in ihrer Härte, in der Beschaffenheit ihrer Oberfläche, in dem Grade ihrer Temperatur, in ihrer Form und Größe, oder durch kleine Abweichungen in ihrem Mischungsverhältnisse sich von einander unterscheiden: denn nun kann ein elektrisches Gleichgewicht zwischen ihnen während der Berührung nicht mehr bestehen.

Damit sich bei Körpern, welche man miteinander in Contact gebracht hat, eine elektrische Spannung herausstelle, ist es nöthig, daß das elektrische Gleichgewicht zwischen ihnen aufgehoben werde, und die Bedingung hierzu liegt in der Heterogenität derselben. Das, was man elektromotorische Kraft nennt, ist durchaus nichts für sich Bestehendes, sondern fließt unmittelbar aus dem Gegensatze derjenigen Körper, welche mit einander in Berührung gebracht werden. Aus dem Gegensatze folgt aber die Spannung ganz von selbst. Man kann von dem Ausdrucke „elektromotorische Kraft“ Gebrauch machen, muß sich aber alsdann dabei erinnern, daß sie ihren Sitz weder in dem einen, noch in dem andern von den Körpern hat, welche sich berühren, auch nicht in den Berührungsstellen beider, sondern in dem Gegensatze, welcher zwischen beiden Körpern stattfindet und der freilich hinsichtlich der Elektricitätsentwickelung erst dann von Bedeutung werden kann, wann die Körper miteinander in Berührung kommen. In diesem Sinne kann man die elektromotorische Kraft als eine Function des Gegensatzes zwischen den Körpern betrachten, da sie mit der Größe des Gegensatzes wachsen und abnehmen muß. Je größer der Gegensatz, desto größer die Störung des elektrischen Gleichgewichts und damit um so stärker die elektrische Spannung. Man weiß, daß die Metalle in dieser Hinsicht eine bestimmte Reihenfolge untereinander bilden, dergestalt, daß das vorhergehende Metall den einen, das nachfolgende aber den entgegengesetzten elektrischen Zustand annimmt. Je weiter nun in dieser elektrischen Spannungsreihe zwei Metalle auseinander

liegen, desto größer ist die Intensität der durch ihren gegenseitigen Contact erregten elektrischen Zustände. Im Folgenden finden sich die wichtigsten Metalle nebst der Kohle in ihrer Ordnung zusammengestellt:

—
Zink
Blei
Zinn
Eisen
Kupfer
Silber
Gold
Platin
Kohle
+

Man wird leicht erkennen, daß die elektrische Differenz je zweier Glieder in der Spannungsreihe gleich ist der Summe der elektrischen Differenzen der Zwischenglieder. Legt man daher 3, 4 oder noch mehr Metalle aus der Reihe aufeinander, so wird die elektrische Spannung der Endplatten eben so groß seyn, als ob sich dieselben unmittelbar berührten.

Man bringe z. B. Zink, Blei und Platin so miteinander in Berührung, daß das Blei auf das Platin und das Zink auf's Blei zu liegen komme. Nun giebt das Blei einen Theil seines E an das Platin ab, so daß dieses positiv, jenes aber negativ elektrisch wird. Diese elektrische Spannung ist freilich nicht so stark, als die zwischen Zink und Platin, aber zu demjenigen Elektricum, welches das Platin vom Blei erhalten hat, kommt noch ein Theil dessen, was das Blei vom Zink erhält. Nämlich Zink im Contact mit Blei wird negativ elektrisch, indem es einen Theil seines E an das Blei entläßt, welcher nun vom letzteren wieder theilweis zum Platin übergeht und so die Spannung des E auf demselben vermehrt. Eben so verhält es sich mit dem negativ elektrischen Zustande des Zinks, welcher in Berührung mit Blei schwächer hervortritt, als in Berührung mit Platin, aber dadurch

wieder erhöht wird, daß das Blei einen Theil des von ihm empfangenen E an das Platin abtritt. Daher kommt es, daß die Spannung der Endplatten gerade so groß wird, als ob sie sich unmittelbar berührten.

21. Kommen zwei heterogene Metalle miteinander in Berührung, so liegt die Vermuthung nahe, daß das Elektricum zum besseren Leiter übergehe, was auch im Allgemeinen zutrifft, wie bei dem Contact von Zink und Kupfer und vielen andern Beispielen. Doch giebt es auch Ausnahmen hiervon: so geht z. B. bei der Berührung von Kupfer und Platin das Elektricum vom ersteren zum letzteren, obgleich Platin ein viel schlechterer Leiter als Kupfer ist. Man muß aber bedenken, daß der Gegensatz zwischen zwei Körpern nicht allein auf deren verschiedener Leitungsfähigkeit für das E beruht; es kommt dabei auf die Ungleichartigkeit der chemischen Elemente, welche die Körper constituiren, auf die Verschiedenheit der quantitativen Verhältnisse und der Anordnung dieser Elemente, auf die größere oder geringere Dichtigkeit der Körper und auf so viele andere Umstände an, welche alle als Factoren jenes Gegensatzes zu betrachten sind. Freilich sind einige Unterschiede nur die nothwendige Folge anderer, doch gibt es ohne Zweifel auch solche, welche als selbstständige Factoren in jenem Gegensatz auftreten.

Bestehen nun zwischen der gesammten Constitution zweier Körper nur solche Unterschiede, welche eine größere oder geringere Leitungsfähigkeit des einen oder des andern bedingen, so ist es sehr wahrscheinlich, daß das Elektricum, wenn sich diese Körper berühren, zu demjenigen sich wendet, der es am besten leitet. Nun können aber neben jenen Unterschieden, auf denen die verschiedene Leitungsfähigkeit beruht, noch andere vorhanden seyn, welche von noch größerer Bedeutung sind und eigentlich entscheiden, aus welchem von zwei Körpern, welche miteinander in Berührung sind, das E in den andern übergeht. Zink und Kupfer z. B. sind beide gute Leiter der Elektricität, nur leitet das Kupfer das Elektricum viel besser als das Zink; auch sind beide oxydirbar, aber das Zink viel leichter als das Kupfer: so daß also

der Gegensatz zwischen beiden nicht allein in denjenigen Unterschieden liegt, welche der verschiedenen Leitungsfähigkeit zu Grunde liegen, sondern auch in der größeren oder geringeren Verwandtschaft zum Sauerstoff, also in der verschiedenen chemischen Natur beider Metalle. Leitungsfähigkeit und chemische Natur haben wir beide als Factoren des totalen Gegensatzes zwischen Zink und Kupfer zu betrachten, und in ihnen muß die Ursache liegen, daß das Elektricum gerade vom Zink zum Kupfer geht, wodurch, wie wir wissen, das erstere negativ, das letztere aber positiv elektrisch wird. Zink und Platin sind ebenfalls hinsichtlich ihrer Leitungsfähigkeit unterschieden, aber hier ist nicht Platin, sondern Zink der bessere Leiter; doch ist dieser Unterschied nicht so groß, wie im vorigen Falle, während jetzt der chemische Gegensatz um so größer ist, inwiefern wohl das Zink, aber das Platin an und für sich gar nicht oxydirbar ist. Weil Zink der bessere Leiter der Elektricität ist, so sollte das E des Platins zum Zink übergehen; aber dieser Unterschied verschwindet neben der Größe des chemischen Gegensatzes, welcher den Ausschlag giebt und das E des Zinks veranlaßt, zum Platin überzugehen.

Außer solchen Unterschieden gibt es gewiß noch andere, welche in dieser Hinsicht gleichfalls von Belang sind.

Auch zwischen Metallen und Flüssigkeiten muß eine Elektricitätsentwicklung stattfinden, obgleich die Flüssigkeiten keine bestimmte Stellen in der Spannungsreihe einnehmen. Nach Buff's vortrefflichen Untersuchungen über die Elektricitätserregung zwischen Metallen und Flüssigkeiten werden z. B. Platin und Zink in Berührung mit reinem Wasser positiv elektrisch, das Zink aber viel stärker als Platin; Gold und Platin werden von concentrirter Salpetersäure negativ erregt, ebenso durch verdünnte Schwefelsäure.

22. Betrachten wir nun die Volta'sche Säule.

Dieselbe wird bekanntlich zusammengesetzt aus zwei verschiedenartigen Metallen und einem dritten Element, welchem in der Spannungsreihe der Metalle keine bestimmte Stelle zukommt.

Es werde eine Kupferplatte mit dem Boden in leitende Verbindung gebracht und auf ihre obere Fläche eine gleich große Zinkplatte gelegt. Alsdann wird das Zink negativ, das Kupfer positiv elektrisch, indem das Zink sein E dem Kupfer abgibt. Nun strömt aber die freie + E des Kupfers in den Boden über, während die Zinkplatte negativ elektrisch in einem Grade bleibt, welcher dem Gegensatze zwischen Zink und Kupfer entspricht. Wird der Zinkplatte aus irgend einer Quelle E mitgetheilt, so geht dasselbe sogleich wieder in's Kupfer und von da in den Boden über.

Legt man nun auf das Zink eine Scheibe von Tuch oder Pappe, welche mit reinem Wasser oder mit einer verdünnten Säure oder Kochsalzlösung durchdrungen ist, so giebt dieselbe einen Theil ihres E an das negative elektrische Zink ab, welches ihn alsbald wieder zum Kupfer schickt, um von diesem in den Boden zu fließen. Wir betrachten hier die feuchte Scheibe eben nur als Leiter, welcher deshalb, weil er mit einem andern negativ elektrischen Leiter in Berührung ist, etwas von seinem E abtreten muß. Die feuchte Scheibe ist nun ebenfalls negativ elektrisch geworden; legt man daher auf sie eine Kupferplatte, so wird auch diese einiges E an jene abgeben müssen, welche dasselbe wieder durch das Zink und Kupfer zum Boden sendet. Die unterste Kupferplatte, welche mit dem Boden leitend verbunden ist, befindet sich also im natürlich elektrischen Zustande, während die Zinkplatte, die feuchte Scheibe und die obere Kupferplatte in gleichem Grade negativ elektrisch sind. Wird auch noch auf die obere Kupferplatte eine Zinkplatte gelegt, so muß diese an jene so viel von ihrem eignen E abgeben, daß sie mit demselben in gleichem Grade negativ elektrisch wird. Hierzu kommt aber noch derjenige Antheil von E, welchen das Zink wegen seines Gegensatzes zum Kupfer an das letztere abtreten muß, selbst wenn dieses im natürlich elektrischen Zustande sich befindet. Der negativ elektrische Zustand der Zinkplatte verglichen mit dem des Kupfers muß deshalb doppelt so stark hervortreten.

Fährt man fort, feuchte Scheiben, Kupfer- und Zinkplatten

aufeinander zu schichten, und zwar dergestalt, daß diese Elemente stets in der Ordnung: Kupfer, Zink, feuchte Scheibe folgen, so wird der negativ elektrische Zustand der Zinkplatten in der Reihe der natürlichen Zahlen zunehmen, d. h. auf der 3ten, 4ten, 5ten, 6ten . . . 100ten Zinkplatte wird die freie — E die Intensität 3, 4, 5, 6 . . . 100 haben.

Hierzu gesellt sich noch die elektrische Spannung, welche aus der Berührung der feuchten Scheiben mit den Metallen resultirt. Hat diese Spannung dieselbe Richtung mit der aus dem Contact der Metalle hervorgehenden, so wird die Wirksamkeit der Säule erhöht, gegentheils aber gehemmt und unter Umständen ganz aufgehoben.

Anstatt nun das Kupfer mit dem Boden leitend zu verbinden, kann dies auch umgekehrt mit dem Zink geschehen, wodurch aber die Anordnung der Elemente die entgegengesetzte von der vorigen wird.

Stehe also das Zink durch einen Draht in leitender Verbindung mit dem Boden; legt man auf dasselbe eine Kupferplatte und auf diese eine feuchte Scheibe, so gibt das Zink E an das Kupfer und das letztere wieder einen Theil des gewonnenen an die feuchte Scheibe ab; indessen ist dem Zink sein Verlust durch Zuleitung aus dem Boden ersetzt worden, welches daher im natürlichen Zustande bleibt. Wird auch auf die feuchte Scheibe eine Zinkplatte gelegt, so nimmt letztere dasjenige E auf, welches die erstere von der Kupferplatte empfangen hatte, schickt jedoch dasselbe sogleich fort, falls man eine Kupferplatte mit ihr im Contact bringt. Außerdem erhält aber diese Kupferplatte auch noch dasjenige Quantum von E, welches aus dem bloßen Contact mit Zink hervorgeht und dem Gegensatz zwischen beiden entspricht. Die Intensität der Elektricität auf der zweiten Kupferplatte muß mithin doppelt so groß seyn, als auf der ersten, wo die elektrische Spannung nur eine solche Größe hat, wie sie aus der Berührung des Zinks mit Kupfer resultirt.

Baut man nun die Säule in der Weise fort, daß die Elemente stets in der Ordnung: Zink, Kupfer, feuchte Scheibe aufeinander

folgen, so wird die Intensität des + E von einer Kupferplatte zur anderen eben so zunehmen, wie im vorigen Falle der negativ elektrische Zustand der Zinkplatten.

Entzieht man der obersten Kupferplatte das angehäufte Elektricum, so wird dasselbe sogleich wieder ersetzt, so lange die unterste Zinkplatte mit dem Boden in leitender Verbindung bleibt.

Zinkende und Kupferende einer Volta'schen Säule haben nun stets entgegengesetzte Zustände; wir nennen unserer Bezeichnungsweise gemäß das Zinkende den negativen Pol und das Kupferende den positiven Pol.

Wenn eine Säule hinlänglich isolirt ist, so wächst vom negativen zum positiven Pol hin das + E auf den Kupferplatten in arithmetischer Progression, während vom positiven zum negativen der negativ elektrische Zustand der Zinkplatten auf dieselbe Weise zunimmt. Hieraus folgt von selbst, daß in der Mitte der Säule ein Indifferenzpunkt seyn muß, das heißt: ein Plattenpaar, welches keine freie Elektricität zeigt, — daß aber von hieraus das freie E zunehmen muß, nämlich nach dem Zinkpol hin die — E und nach dem Kupferpol zu die + E. Der Indifferenzpunkt theilt also die Säule gleichsam in zwei entgegengesetzte elektrische Hälften: in eine positive und negative. Stört man aber das Gleichgewicht in der Säule dadurch, daß man dem positiven Pol etwas Elektricität durch Berührung mit dem Finger entzieht, so muß sich natürlich hier die elektrische Spannung vermindern, an dem andern Pol aber vermehren, weil durch den Verlust, den die Kupferplatte — welche den positiven Pol bildet — an E erlitten hat, die Kupferplatte des unmittelbar vorhergehenden Paares genöthigt wird, einen Theil ihres E durch die feuchte Scheibe und die Zinkplatte an den Kupferpol abzugeben, wodurch nun wieder diese Kupferplatte zum Theil empfänglich für neues E geworden ist, welches ihr auch von dem Kupfer des nächsten Paares gegeben wird; dies geht so fort bis zum ersten Plattenpaar, dessen Kupfer einen Theil seines E an das folgende entlassen hat, ohne daß ihm dieser Verlust auf gleiche Weise ersetzt worden wäre, da ihm keine Kupferplatte mehr vorausgeht. Weil sich also ein Theil der

ganzen Elektricität der negativen Hälfte der Säule dem positiven Pole zuwendet, muß begreiflicherweise der negativ elektrische Zustand des Zinkpols noch stärker hervortreten, während eben dadurch der Indifferenzpunkt dem positiven Pol genähert wird, welchem das E entzogen worden. Mit der allmäligen Wiederherstellung des Gleichgewichts nimmt auch der Nullpunkt wieder die Mitte der Säule ein. Umgekehrt verhält sich's, wenn man dem Zinkpol durch Berührung mit dem Finger einige Elektricität mittheilt, wodurch der negativ elektrische Zustand desselben vermindert und eben dadurch die Spannung des + E am Kupferpol erhöht wird, da durch jene Mittheilung der Drang des E in der Säule nach dem letzteren Pole hin stärker geworden ist; zugleich rückt der Indifferenzpunkt dem Zinkpol näher. Doch muß auch hier wegen des Verlustes, der nun an dem stärker geladenen Pol statt findet, das elektrische Gleichgewicht sich wieder herstellen.

Werden die Pole der Volta'schen Säule mit Dräthen versehen, so wird der mit dem positiven Pole verbundene natürlich positiv elektrisch, während der mit dem negativen Pole in Verbindung stehende dadurch, daß er sein E an diesen Pol abgibt, negativ elektrisch wird. Bringt man aber beide Dräthe miteinander in Berührung, so ist an den Polen keine Spannung nach außen hin mehr bemerkbar, sondern das Elektricum circulirt nun wirklich als Strom vom positiven Pole der Säule durch die Dräthe zum negativen u. s. w.; hält man die Drahtenden in kleiner Entfernung einander gegenüber, so gewahrt man einen continuirlichen Funkenstrom von dem einen Drahte zum andern.

23. Die Stärke des galvanischen Stromes ist natürlich von verschiedenen Bedingungen abhängig.

Wir haben schon früher erwähnt, daß die Elektricitätentwickelung zwischen zwei sich berührenden Metallen um so kräftiger seyn muß, je größer der Gegensatz zwischen denselben ist. Der feuchte Zwischenleiter ist ebenfalls von großer Bedeutung, wenn wir denselben auch nur als reinen Leiter betrachten. Je besser leitend die Flüssigkeit ist, desto größer die Wirkung: denn

alles, was den Leitungswiderstand der Säule vermindert, muß die Wirksamkeit der Säule erhöhen.

Die Quantität der Elektricität, welche in der Säule circuliren kann, hängt von der Geschwindigkeit ab, mit welcher das durch den Contact der Metalle entwickelte Elektricum den feuchten Leiter durchströmen kann. Der Widerstand nun, welchen der feuchte Leiter dem Durchdringen des E entgegensetzt, wird begreiflicherweise verringert durch Vergrößerung des Querschnitts dieses Leiters, und da die Größe des Querschnitts des feuchten Leiters von der Größe der Plattenpaare abhängt, so kann man auch sagen: daß die Quantität der Elektricität in der Volta'schen Säule durch Vergrößerung der Platten vermehrt wird.

Ueberhaupt läßt sich die Stärke des Stromes durch die Menge der Elektricität bestimmen, welche in einer gegebenen Zeit durch den Querschnitt des Schließungsdrahtes geht, oder allgemein durch den Querschnitt des Körpers, durch welchen die Ausgleichung der elektrischen Zustände stattfindet.

Weil also alles, was den Durchgang des Elektricums durch den flüssigen Leiter erleichtert, die Stärke des Stromes vermehrt, so folgt von selbst, daß, je dünner die flüssige Schicht zwischen den Metallplatten ist, desto größer die Quantität der Elektricität sein muß.

Uebrigens leuchtet die Wichtigkeit der Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit für die Wirksamkeit der Säule schon ganz einfach aus der Art und Weise ein, wie wir uns die Vertheilung der Elektricität in der Säule erklärt haben.

Wenn man die beiden Pole einer Volta'schen Säule durch einen Draht mit einander verbindet, so treibt der Druck des am positiven Pol angehäuften E, welcher während der Isolirung der Säule frei auf ein angenähertes Elektrometer wirkte, das E durch den Draht nach dem negativen Pol, in welchen der Draht sein eigenes E vorausgeschickt hat. Je stärker aber dieser Druck ist, desto größer ist auch die Quantität der Elektricität, welche er durch den Leitungsdraht hindurchtreibt. Berücksichtigt man dabei noch den Leitungswiderstand, welchen der Draht dem Strome

entgegengesetzt, so folgt, daß die Quantität der Elektricität, welche in einer gegebenen Zeit durch einen bestimmten Leitungsdraht geht, jenem Drucke direct und dem Leitungswiderstand umgekehrt proportional ist. Dies gibt die Ohm'sche Formel für die Quantität der Elektricität, welche einen Leiter durchströmt,

$$S = \frac{E}{W},$$

wiefern man durch S die Stärcke des Stromes, durch E die Stärke des obigen Drucks und durch W den Leitungswiderstand bezeichnet. Zieht man auch den Leitungswiderstand in der Kette selbst in Betracht, so hat man für ein einfaches, geschlossenes, galvanisches Element

$$s = \frac{e}{W + w},$$

wenn e die elektrische Spannung, welche dem Strom zu Grunde liegt, und w den Leitungswiderstand im Elemente bedeutet.

Wenn wir nun die Oberfläche des galvanischen Elementes n mal so groß nehmen, ohne sonst etwas zu verändern, so wird dadurch, wie wir aus dem früher Entwickelten wissen, der Leitungswiderstand in dem Element selbst n mal kleiner, weil der Querschnitt der Flüssigkeit, welche der Strom durchwandert, n mal größer geworden ist. Daher müssen wir in der obigen Formel statt des Widerstandes w jetzt $\frac{w}{n}$ setzen, wodurch dieselbe übergeht in

$$s = \frac{e}{W + \frac{w}{n}} = \frac{ne}{nW + w}.$$

Setzt man W = o, so ist

$$s = \frac{ne}{w},$$

d. h. die Stromstärke ist der Oberfläche des elektromotorischen Elements proportional. Ist aber W nur sehr klein, so findet natürlich näherungsweise dasselbe statt. Also nur in dem Falle,

wo der Leitungswiderstand im Schließungsdrahte sehr klein gegen den Widerstand in der Kette ist, bringt die Vergrößerung der Oberfläche eine Vermehrung der Stromstärke hervor.

Denken wir uns aber, eine Säule sey aus n einfachen Ketten, deren jede die Stromstärke $s = \frac{e}{W + w}$ hat, zusammengesetzt. Der elektrische Druck der aus n solcher Ketten bestehenden Säule wird also = ne sein; in demselben Verhältnisse ist aber auch der Leitungswiderstand gewachsen, da jetzt in jedem der n Elemente ein Widerstand = w zu überwinden ist; folglich ist der Widerstand in allen n Elementen zusammen = nw.

Die Stromstärke der Säule läßt sich also ausdrücken durch die Formel:

$$s'' = \frac{ne}{W + nw}.$$

Wenn W sehr klein gegen w ist, so hat man näherungsweise

$$s'' = \frac{ne}{nw} = \frac{e}{w},$$

d. h. wenn der Widerstand im Schließungsdraht klein ist gegen den Leitungswiderstand der einzelnen Kette, so wird durch Vermehrung der Elemente die Stromstärke nicht vergrößert.

Sobald aber der Widerstand W im Schließungsbogen bedeutend ist, wird durch Vermehrung der Elemente allerdings auch die Stromstärke vermehrt.

Mit wachsender Plattenzahl nämlich nimmt zwar die elektrische Spannung zu, aber um eben so viel vergrößert sich auch der Widerstand des feuchten Leiters, da mit jedem neuen Plattenpaar auch eine feuchte Scheibe hinzugefügt wird. Die Quantität der Elektricität bleibt sich also gleich und, in wiefern die Säule durch einen guten Leiter geschlossen ist, kann man sagen, daß die Vermehrung der Plattenpaare keinen Einfluß auf die Quantität der Elektricität äußere. Die Intensität des galvanischen Stromes, welche der Anzahl der Plattenpaare proportional ist, wird aber dann von Bedeutung, wenn man die Säule durch einen schlechten Leiter schließt, weil jetzt eine größere elektrische

Spannung an den Polen nöthig ist, um den schlechten Leiter zu durchdringen.

Die Ohm'sche Formel ist nur ein mathematischer Ausdruck für dasjenige, was wir oben hinsichtlich der Kraft der Volta'schen Säule gesagt haben. Die Beziehungen zwischen der Stromstärke und den Elementen der Kette werden in ihr auf die einfachste und anschaulichste Weise dargestellt.

Das Elektricum der Volta'schen Säule ist zwar eines und dasselbe mit dem der Elektrisirmaschine, der Leydner Flasche und des Elektrophor; während aber diejenige Elektricität, welche auf dem Conductor der Elektrisirmaschine oder der Belegung der Leydner Flasche sich angehäuft hat, wegen ihrer großen Intensität mit Einem Male durch den Entladungsdraht schlägt, womit die Thätigkeit dieser Apparate aufgehoben ist, liefert die Volta'sche Säule, weil sie sich in den kleinsten Pausen von selbst entladet und wieder ladet, einen continuirlichen Strom von ungleich größerer Wirksamkeit. Gewöhnlich pflegt man zu sagen, daß die Leydner Flasche oder Elektrisirmaschine eine geringe Menge Elektricität von großer Spannung, die galvanische Säule aber eine große Menge Elektricität von geringer Intensität gebe.

24. Außer der bisher betrachteten Volta'schen Säule haben wir noch der trockenen oder Zamboni'schen Säulen zu erwähnen. Diese bestehen bekanntlich aus lauter festen Substanzen ohne feuchten Zwischenleiter. Gewöhnlich errichtet man sie aus 1—1½ Zoll im Durchmesser haltenden Scheiben von Papier, welche auf einer Seite mit ächtem Blattsilber belegt sind, und eben so großen und dicken Platten von Zinkblech, wovon man 1000 Paar und noch darüber in der gehörigen Ordnung auf einander schichtet. Die so aufgebaute Säule wird noch, um sie vor dem Einflusse der feuchten Luft zu schützen, mit geschmolzenem Schwefel oder Schellack überzogen.

Jäger construirte solche Säulen aus unächtem Gold- und Silberpapier, indem er davon 1000—2000 Paar Scheiben aufschichtete und dieselben der innigen Berührung wegen etwas zusammenpreßte. Außerdem pflegt man noch die Säule in eine

Glasröhre einzuschließen und die beiden Enden derselben mit Kappen von Messing zu versehen, die mit der äußeren Belegung der letzten Papierscheiben in unmittelbarer Berührung stehen und kleine Messingknöpfe tragen.

Daß die Wirksamkeit einer solchen Säule viel geringer sein muß als die einer Volta'schen, ist leicht einzusehen; man weiß daß der Grund davon in der unvollkommenen Leitungsfähigkeit des Papiers liegt. — Werden die Pole der Säule isolirt, so zeigen dieselben bald eine ziemlich bedeutende Spannung. Hat die Spannung an demjenigen Pole, an welchem das E wirklich angehäuft ist, eine gewisse Gränze erreicht, so findet ein fortwährender Verlust an die Luft statt; während aber der positive Pol E durch die Luft verliert, empfängt der negative solches von derselben. Die Spannung an den Polen bleibt constant, wenn dasjenige E, welches der + Pol in jedem Moment verliert, von der Säule sogleich wieder zugeführt werden kann. Sobald indeß die Luft feuchter wird, beträgt der elektrische Verlust so viel, daß er erst nach einer gewissen Zeit von dem andern Pole her durch die Säule selbst ersetzt werden kann, weil nun die Säule sich wieder vollständig laden muß und einmal in gegebener Zeit nicht mehr Elektricum liefern kann, als der Leitungsfähigkeit des Papiers entspricht. In feuchter Luft muß daher die Spannung an den Polen geringer seyn, als in trockner Luft.

Hieraus lassen sich nun leicht diejenigen Erscheinungen erklären, welche man am sogenannten elektrischen perpetuum mobile beobachtet. Statt Papier können auch dünne Scheiben von Harz, Firniß ꝛc. zur Construction trockner Säulen benutzt werden. Jäger baute sogar eine Säule aus dünnen Glasscheiben, die auf der einen Seite mit Kupferfolie, auf der andern mit Zinkfolie belegt waren. Natürlich müssen die Metallfolien in der gehörigen Ordnung aufeinander gelegt werden, so daß immer Kupfer auf Zink zu liegen kommt. Nehmen wir an, es werde wie bei der Volta'schen Säule zuerst eine Zink- und Kupferfolie miteinander in Berührung gebracht, alsdann statt des feuchten Leiters auf das Kupfer eine dünne Glasscheibe und auf

diese wieder ein Paar von Zink- und Kupferfolie gelegt, dergestalt, daß das Zink die Glasscheibe berührt. Was wird nun geschehen?

Beim ersten Plattenpaar geht das E aus dem Zink ins Kupfer über; während aber bei der Volta'schen Säule das im Kupfer angehäufte E zum Theil durch die feuchte Scheibe nach der folgenden Zinkplatte strömt, wirkt hier das E der ersten Kupferplatte vertheilend durch die Glasscheibe — und zwar um so besser, je dünner dieselbe ist — hindurch auf die Zinkfolie des folgenden Paares. Nun ist zu bedenken, daß dieses Zink schon so viel E an das mit ihm in Contact befindliche Kupfer abgetreten hat, als der Gegensatz zwischen beiden fordert; hierzu kommt noch jene vertheilende Wirkung, welche das Kupfer des ersten Paares durch die Glasscheibe auf das Zink des zweiten ausübt. In Folge dieser Vertheilung wird nun das Zink veranlaßt, noch einiges E an das Kupfer abzugeben, weshalb das letztere doch mehr Elektricität enthält, als aus dem bloßen Contact desselben mit Zink resultiren würde. Jedenfalls muß vermöge dieser Vertheilung die Spannung des E auf der zweiten Kupferfolie bedeutender seyn, als auf der ersten. Legt man nun auf die zweite Kupferfolie wieder eine Glasscheibe und auf diese in der erwähnten Ordnung ein Plattenpaar, so erhält die dritte Kupferfolie erstlich vom Zink so viel E, als es dem Gegensatz beider gemäß ist, außerdem erfährt sie aber noch den vertheilenden Einfluß, welcher von der zweiten Kupferfolie durch die Glasscheibe auf das mit ihr in Berührung stehende Zink ausgeübt wird. Die Spannung des E auf der dritten Kupferfolie muß aber, wie man leicht erkennt, die Tension des E auf der zweiten um eben so viel übertreffen, als die letztere Spannung stärker ist als die des E auf der ersten Kupferfolie. Während nun auf diese Weise die Spannungen des + E auf den Kupferfolien mit Vermehrung der Paare wachsen, muß in entgegengesetzter Richtung der negativ elektrische Zustand der Zinkfolien in derselben Progression entschiedener hervortreten.

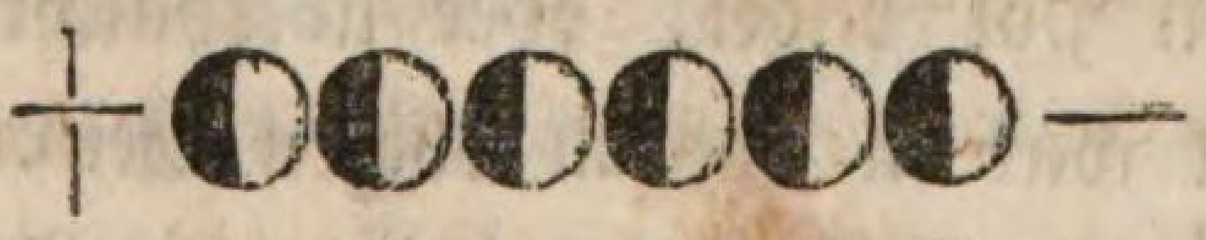
25. Wir wenden uns nun zu den chemischen Erscheinungen der galvanischen Säule, welche das Interesse der Naturforscher vorzugsweise in Anspruch genommen haben.

Dieselben bestehen, wie allgemein bekannt, in der Zerlegung gewisser zusammengesetzter Körper durch den elektrischen Strom. Bringt man z. B. Wasser zwischen die Schließungsdrähte der Säule, so wird dasselbe in seine beiden Bestandtheile zersetzt, indem Wasserstoff auf der Seite des positiven, Sauerstoff dagegen auf der des negativen Pols sich abscheidet; ebenso erscheint, wenn Chlorwasserstoff zwischen die Pole der Säule eingeschaltet wird, Chlor am Zinkpol, der Wasserstoff aber wieder am Kupferpol.

Nach unserer Theorie muß man sich diese Erscheinung auf folgende Weise erklären.

Das Elektricum tritt aus dem positiven Pole, wo es angehäuft ist, in die leitende Flüssigkeit. Hier ergreift es nun denjenigen Bestandtheil vorzugsweise, welcher dem Metalle, aus dem es so eben hervorgetreten, hinsichtlich seines chemischen Verhaltens am nächsten liegt. Die Folge davon ist eine Polarisirung der Flüssigkeit, weil alle Atome, auf welche das Elektricum, während es die Flüssigkeit durchwandert, besonders anziehend wirkt, dem positiven Pole, die andern aber eben dadurch dem negativen Pole zugekehrt werden.

Der Versinnlichung wegen sehe man die folgende Figur an, in welcher jedes Kügelchen ein Chlorwasserstoff-Molecül vorstellen mag, und zwar die weiße Hälfte das Chloratom, die schwarze das Wasserstoffatom.



1 2 3 4 5 6

Der elektrische Strom dringt also vom positiven Pole aus in die Flüssigkeit ein und bemächtigt sich der Wasserstoffatome der zunächstliegenden Chlorwasserstofftheilchen, aber wegen der Repulsion zwischen seinen eigenen Elementen geht er weiter in die

Flüssigkeit hinein, während neues Elektricum vom Pole nachkommt. Die Wasserstoffatome nun, auf solche Weise vom Elektricum ergriffen, werden den mit ihnen verbundenen Chloratomen entfremdet, es entsteht eine Neigung der heterogenen Atome, nach entgegengesetzten Richtungen auseinander zu treten, worin eben die Polarisirung des Chlorwasserstoffes besteht. Durch diese Polarisirung gewinnt aber auch zugleich das Chloratom eines jeden Molecüls eine stärkere Anziehung für das Wasserstoffatom des folgenden Molecüls. Sobald nun die Flüssigkeit auf der ganzen Strecke zwischen beiden Polen durch den galvanischen Strom polarisirt worden ist, tritt — falls der Strom mächtig genug ist — in demselben Moment, in welchem das Wasserstoffatom des Theilchens 1 durch Einwirkung des Elektricums frei wird, auch das Chloratom des Molecüls 6 aus der Verbindung mit seinem Wasserstoffatome hervor, indem sich zugleich das Chlor des Molecüls 1 mit dem Wasserstoffatom von 2, das Chloratom von 2 aber mit dem Wasserstoff von 3 u. s. f. verbindet.

Das Elektricum, angetrieben den positiven Pol, auf welchem es angehäuft ist, zu verlassen, würde unter verschiedenen möglichen, sich zur Ableitung darbietenden Körpern denjenigen wählen, welcher es am besten leitet, vorzüglich ein Continuum, welches aus demselben Metall, wie der positive Pol, besteht, oder aus einem solchen, das ein noch besserer Leiter ist. Wird nun eine Säule nicht durch einen Metalldraht, sondern durch eine leitende Flüssigkeit entladen, welche sich zwischen den Poldrähten oder den Polen selbst befindet, so ergreift es denjenigen Bestandtheil derselben, welcher sich zu ihm auf ähnliche Weise verhält, wie das Metall, welches den positiven Pol bildet, oder überhaupt wie die Metalle; dieser Bestandtheil war in unserm obigen Beispiel der Wasserstoff.

Indem nun das Elektricum des einen Atoms der flüssigen Verbindung sich bemächtigt, wird die Verbindung selbst geschwächt und es erfolgt die beschriebene Polarisirung, wobei jedoch bemerkt werden mag, daß, obgleich das E auf das eine Atom der Flüssigkeit anziehend wirkt, es doch keine bleibende Verbindung mit demselben eingehen kann, sondern wegen der Repulsion zwischen

seinen eigenen Elementen nach dem negativen Pol hinwandert, während vom positiven Pol aus immer neues Elektricum nachdringt; und eben in so fern ist eine vollständige Polarisirung der Flüssigkeit auf der ganzen Strecke zwischen beiden Polen und damit ein Freiwerden der hetrogenen Atome an denselben möglich. Hieraus ergibt sich von selbst, daß der positive Pol, als solcher, keine Anziehung ausübt, da es vielmehr das Elektricum selbst ist, welches aus dem + Pol hervordringend den einen Bestandtheil des Flüssigen ihm und eben dadurch gleichzeitig den andern dem negativen Pole zuwendet.

Die chemischen Wirkungen der Säule bestehen also ihrem Wesen nach darin, daß **durch Einwirkung des Elektricums das chemische Gleichgewicht der Flüssigkeit gestört und dadurch der chemischen Anziehung eine andere Richtung gegeben wird, dergestalt, daß mit dem freien Auftreten der heterogenen Bestandtheile an den beiden Polen zugleich ein Austausch der zurückbleibenden Atome in der Richtung, in welcher die Polarisirung des Flüssigen stattfindet, verbunden ist.** —

Aus dem obigen elektrochemischen Processe geht auch hervor, daß ein Metall, welches für sich in einer Säure auflösbar ist, dadurch, daß man es zu dem positiven Pol einer einfachen Kette macht, vor dem chemischen Einflusse geschützt wird, weil das E, welches aus ihm in die Flüssigkeit strömt, denjenigen Bestandtheil derselben ihm zuwendet, welcher nicht chemisch auf ihn einwirkt, dagegen den andern am negativen Metalle frei macht, mit dem sich derselbe nun chemisch verbindet. Wenn z. B. die beiden Poldrähte einer galvanischen Kette aus Zink bestehen und in mit Schwefelsäure gemischtes Wasser getaucht werden, so wird zwar der negative Poldraht in Folge der Zersetzung des Wassers rasch verzehrt, nicht aber der positive, weil dieser dadurch, daß das Elektricum fortwährend aus ihm in das gesäuerte Wasser eintritt und den Wasserstoff an ihm abscheidet, vor dem Anfressen durch die Säure geschützt wird. Hierauf beruhen bekanntlich Davy's Protectoren.

Wie die Chlorwasserstoffsäure, so werden auch die Oxyde durch den galvanischen Strom zerlegt, wobei der Sauerstoff am negativen, das Radical am positiven Pole erscheint. Unterwirft man z. B. Kali der Einwirkung des Stromes, so scheidet sich das Kalium als glänzende Metallkügelchen am + Pol ab; denn das Elektricum, aus diesem Pol hervortretend, ergreift den metallischen Bestandtheil, weshalb sich der Sauerstoff zum negativen Pole hinwenden muß.

Ueberhaupt beginnen alle chemischen Wirkungen der Säule am positiven Pole, weil gerade hier das E angehäuft ist.

Auch bei der Zerlegung der Chlor-, Jod- und Brommetalle wird das Metall stets am + Pol ausgeschieden.

Es gilt allgemein, daß die metallischen Bestandtheile solcher Verbindungen, welche durch den galvanischen Strom zerlegt werden, am positiven Pole austreten, weil das Elektricum von hier aus in die Verbindung eintritt und sich des Metalls sogleich bemächtigt, wodurch dann, vermöge der polarisirenden Wirkung des E, die andern Bestandtheile am negativen Pole frei werden müssen.

Die Salze werden durch den elektrischen Strom ebenfalls polarisirt und zerlegt: die Säure erscheint am negativen, die Basis am positiven Pol. Doch geht bei manchen Salzlösungen die Zersetzung nicht ganz auf diese Weise vor sich. Bei einer Auflösung von Kupfervitriol z. B. scheidet sich das Kupfer in metallischer Gestalt am positiven Pol aus, während auf der andern Seite der Sauerstoff aus seiner Verbindung frei wird.

Gewiß kommt hierbei viel auf die chemische Beschaffenheit der Salzlösung an. Das Elektricum, aus dem + Pol hervortretend, wendet sich der Basis und besonders dem metallischen Bestandtheil derselben zu, wodurch, wie wir wissen, die Anziehung zwischen der Säure und der Basis geschwächt wird. Ob aber nun die Basis als solche, oder vielmehr ihr Radical austritt, hängt von der Art und Weise ab, wie sich die Atome des Salzes gruppirt haben, namentlich der Sauerstoff der Basis in Beziehung auf den Sauerstoff der Säure. In der Anordnung

der Elemente des Salzes muß großentheils der Grund liegen, warum der Sauerstoff des Oxyds zugleich mit der Säure frei wird.

26. Damit irgend eine chemische Verbindung zerlegt werde, ist es nöthig, daß in einer gegebenen Zeit eine bestimmte Quantität von E durch dieselbe gehe. Ist die Stromstärke gering, so kann auch die Polarisirung nur schwach seyn, es kommt nicht zu einer eigentlichen Zersetzung, sondern es findet nur eine einfache Leitung statt. Dann hängt aber auch von der Stromstärke die Menge ab, welche von einem Körper in einer gewissen Zeit zersetzt wird. Je größer die Quantität der Elektricität ist, welche in einer bestimmten Zeit durch den Körper geht, desto größer ist auch die Menge der abgeschiedenen Bestandtheile desselben, wie sich dies auch mit Hilfe der Tangenterboussole und des Voltameters empirisch nachweisen läßt.

Soll ferner eine Flüssigkeit durch den galvanischen Strom zerlegt werden, so muß sie ein Leiter für das E seyn, je besser sie leitet, um so leichter wird sie (im Allgemeinen) polarisirt und zersetzt werden können. Selbst der flüssige Aggregatzustand, welcher sich durch die vollkommnere Beweglichkeit der Theilchen charakterisirt, muß für die Polarisirung von Bedeutung seyn, was auch die Erfahrung bestätigt, da viele Körper im geschmolzenen Zustande viel leichter zerlegt werden.

Man weiß, daß in den Zellen der galvanischen Kette dieselbe Zersetzung stattfinden muß, wie in der Flüssigkeit, welche zwischen die Pole eingeschaltet ist. Nun ist uns aus dem Früheren bekannt, daß die Quantität der Elektricität, welche die Säule in einer bestimmten Zeit liefert, außer dem Gegensatz zwischen den Metallen, woraus die Kette construirt ist, auch noch von der Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit abhängt, welche die Zellen der Kette füllt. Je besser also diese Flüssigkeit leitet, je schneller sie folglich auch zersetzt wird, desto größer die Stromstärke der Säule in einer gewissen Zeit. Ist nun das Metall, welches den negativen Pol der Kette bildet, von der Beschaffenheit, daß es sich mit demjenigen Bestandtheil der Flüssigkeit, welcher sich an

ihm ausscheidet, chemisch verbinden kann, so sieht man leicht, wie hierdurch die Polarisirung und damit die Zerlegung der flüssigen Verbindung beschleunigt werden muß. Zu der Einwirkung des Elektricums auf das eine Atom der Flüssigkeit gesellt sich nun das Streben des negativ elektrischen Metalls (z. B. des Zinks), sich mit dem andern Atom (Sauerstoff, Chlor ...) zu verbinden; so daß sich in diesem Falle also chemische und elektrische Anziehung gegenseitig unterstützen.

Nicht minder von Bedeutung hinsichtlich der Zerlegbarkeit durch den galvanischen Strom ist die Verschiedenheit in der Stärke der Anziehung zwischen den Bestandtheilen des Elektrolyten. Je stärker die chemische Anziehung zwischen den heterogenen Atomen der Körper, desto leichter muß (im Allgemeinen) die Zerlegung durch den Strom von Statten gehen. Denn es ist bekannt, daß die Intensität des Bestrebens, womit die Bestandtheile eines Körpers sich zu verbinden suchen, um so größer ist, je größer der chemische Gegensatz zwischen den Bestandtheilen ist. Von der Größe dieses Gegensatzes hängt nun aber auch die Energie ab, mit welcher das Elektricum auf denjenigen Bestandtheil wirkt, der sich am positiven Pol abscheidet. Ist die Verschiedenheit und damit die Anziehung zwischen den Bestandtheilen des Elektrolyten gering, so wird das Elektricum nicht in einem bedeutenden Grad vorzugsweise auf den einen Bestandtheil wirken können, weshalb die Polarisirung der Verbindung nur schwach ausfallen und die Zerlegung derselben schwer zu Stande kommen muß.

Daß auf die Zersetzbarkeit eines Körpers auch das quantitative Verhältniß seiner Atome und deren Gruppirung von Einfluß ist, versteht sich wohl von selbst. Es liegt die Vermuthung nahe, daß die Polarisirung und damit auch die Zerlegung einer binären chemischen Verbindung besonders leicht von Statten gehen müsse, wenn man sich die Anordnung der Atome und Molecüle auf eine Weise, wie bei der Chlorwasserstoffsäure u. dergl. denken kann, wenn also immer 1 Aequivalent des einen Elements mit 1 Aequivalent des andern verbunden ist. Nach Faraday's

Versuchen sollen auch nur *solche* binäre Verbindungen in die Klasse der Elektrolyten gehören, nicht aber Schwefelsäure (1 Aeq. Schwefel und 3 Aeq. Sauerstoff), Salpetersäure (1 Aeq. Stickstoff und 5 Aeq. Sauerstoff) u. s. w., obgleich diese Stoffe als solche aus einem Salze ausgeschieden, oder durch *secundäre* Prozesse zerlegt werden können.

Daß also ein Körper leichter als der andere, mancher aber gar nicht elektrolysirt wird, liegt also, wie sich auch nicht anders erwarten läßt, theils in der qualitativen Natur der Bestandtheile selbst, theils aber in dem quantitativen Verhältnisse und der Anordnung derselben, weil es in dem einen Falle dem Elektricum leichter werden muß, den entsprechenden Bestandtheil zu ergreifen und dadurch die Verbindung zu polarisiren, als in dem anderen.

Aus der Art und Weise, wie wir uns die Polarisirung und Zerlegung chemischer Verbindungen erklärt haben, folgt mit Nothwendigkeit eine Ausscheidung der Bestandtheile an den Polen in einem solchen Verhältnisse, daß sie miteinander vereinigt wieder denselben Körper bilden. Hieraus geht aber ohne Weiteres hervor, daß, wenn derselbe elektrische Strom durch mehrere Zersetzungszellen geleitet wird, welche verschiedene Elektrolyten enthalten, die Mengen der durch ihn abgeschiedenen Stoffe im Verhältnisse der chemischen Aequivalente stehen müssen. Enthalten z. B. 4 Zerlegungsapparate nacheinander Wasser, Chlorsilber, Chlorblei und Chlorzinn, die letzteren ebenfalls im flüssigen Zustande; so verhalten sich die Mengen Wasserstoff, Silber, Blei, Zinn, welche an den positiven Polen sich abscheiden, wie 1 : 108 : 104 : 57, während an den negativen Polen Sauerstoff und Chlor im Verhältnisse von 8 : 35,4 frei werden. Dieselbe Quantität von Elektricität also, welche fähig ist, die genannten Stoffe zu zerlegen, zerlegt für jedes Aequivalent Wasser auch 1 Aequivalent Chlorsilber (143,4 Gewichtstheile) oder 1 Aequivalent Chlorblei (139,4 Gewichtstheile) oder 1 Aequivalent Chlorzinn (94,4 Gewichtstheile).

27. Wir haben zwischen der Elektricität und dem Chemismus zwar merkwürdige Beziehungen kennen gelernt, aber keine

Gründe, beide für identisch zu halten. Durch die Annahme einer solchen Identität würden vielmehr die elektrischen Erscheinungen in ein tiefes Dunkel gehüllt werden.

Die Wirksamkeit der galvanischen Kette hängt freilich, wie wir gesehen haben, in einem hohen Grade von der Beschaffenheit des flüssigen Leiters ab; aber der eigentliche Grund des Stromes liegt in dem Contact heterogener Metalle, wodurch das elektrische Gleichgewicht zwischen ihnen aufgehoben und das E genöthigt wird, aus dem einen in den andern überzugehen, woher die elektrische Spannung kommt. Dies wird durch den Volta'schen Fundamentalversuch außer allen Zweifel gesetzt. Auch die Zamboni'schen Säulen zeigen zur Genüge, daß ein elektrischer Strom ohne allen chemischen Einfluß hervorgebracht werden kann. Doch ist die Elektricitätserregung durch Contact nicht allein auf die Metalle beschränkt, obgleich sie bei ihnen aus bekannten Gründen am stärksten hervortreten muß, sondern überall, wo ungleichartige Körper sich berühren, muß eine elektrische Spannung wach werden, wenn auch von so geringer Intensität, daß sie nicht in unsere Wahrnehmung fallen kann. Merklicher schon ist die Elektricitätsentwickelung bei der Berührung von Metallen und Flüssigkeiten, als Leitern des Elektricums; eine zweckmäßige Combination dieser Substanzen ist im Stande, einen nicht unbedeutenden elektrischen Strom zu liefern, wie dies die Becquerel'sche Kette zeigt, welche erhalten wird, wenn man ein poröses Thongefäß mit Kalilauge in ein anderes mit Salpetersäure stellt und nun in beide Flüssigkeiten gleiche Platinplatten taucht, die man durch einen Draht miteinander verbinden kann. Der Contact des Platins mit den beiden Flüssigkeiten ist die Ursache des Stroms dieser Kette.

Die Stromstärke, welche eine gewöhnliche Hydrokette liefert, hängt zunächst ab vom Gegensatze der verschiedenen Metalle, welche zu ihrer Construction gewählt werden. Wir wissen, daß die elektrische Spannung um so stärker ausfallen muß, je mehr die Metalle in chemischer Hinsicht, z. B. in Hinsicht auf ihre Oxydirbarkeit, verschieden sind. Dann kommt der feuchte Zwischenleiter hinsichtlich seiner größeren oder geringeren Leitungsfähigkeit

in Betracht, auf eine Weise, die wir schon angegeben haben. Hieraus ergibt sich einfach die Wichtigkeit des Einflusses, welchen das eine Metall (z. B. Zink) und der eine Bestandtheil des flüssigen Leiters (z. B. der Sauerstoff des Wassers) gegenseitig aufeinander ausüben, für die Wirksamkeit der galvanischen Kette. Mit der Zersetzung der Flüssigkeit ist aber aus sehr begreiflichen Gründen der Thätigkeit der Säule eine Gränze gesetzt. Elektrische und chemische Action bedingen sich in der Hydrokette zum Theil gegenseitig und wirken zu einem und demselben Effect zusammen. Betrachten wir noch z. B. eine Combination von Zink, Kupfer und gesäuertem Wasser.

Zink und Kupfer in Berührung miteinander werden entgegengesetzt elektrisch und dieser Vorgang ist von keinem chemischen Prozesse abhängig. Die elektrische Spannung setzt Störung des elektrischen Gleichgewichts voraus und diese ist wieder bedingt durch den Gegensatz zwischen Zink und Kupfer, welcher sich zum Theil in dem verschiedenen Grade der Anziehung beider Metalle zum Sauerstoff ausspricht; deshalb muß die elektrische Spannung zwischen Zink und Platin noch größer werden, weil das Platin nicht oxydirbar ist. Weil nun, während das Elektricum auf den Wasserstoff wirkt, der Sauerstoff des Wassers zugleich vom Zink angezogen wird, so muß das Wasser leichter zersetzt werden, das E wird also in seinem Streben, das Wasser zu polarisiren, vom Zink unterstützt, und wahrscheinlich ist, daß alles, was die Polarisirung der Flüssigkeit erleichtert, auch zu einer schnellern Leitung des E beiträgt, wodurch dann natürlich auch die Stromstärke vermehrt werden muß. Doch wird dabei vorausgesetzt, daß die Flüssigkeit schon an und für sich ein Leiter des E sey, weil dasselbe sonst nicht im Stande wäre, die Flüssigkeit zu polarisiren; durch jene Anziehung wird dem Elektricum nur die Polarisirung erleichtert und ihm insofern auch eine bessere Leitung verschafft.

Der elektrische Strom der Hydrokette ist eben so wohl, wie der der trocknen Säule, eine Folge des gestörten elektrischen Gleichgewichts, welchem aber sogleich eine Störung des chemischen nachfolgt.

Man habe ein mit Salzsäure angefülltes Gefäß, in welchem eine Zink- und Kupferplatte einander gegenüberstehen.

Die Anziehung des negativen Metalls (Zinks) zu dem einen Bestandtheil der Flüssigkeit (hier Chlor) ist nun allein nicht genügend, so mächtige chemische Verbindungen zu zerlegen, wie wir es an der Hydrokette bewundern, wenn nicht von der entgegengesetzten Seite her noch etwas dazu kommt; denn wäre diese Anziehung für sich hinreichend, so brauchte man gewiß nicht das Zink mit einem andern Metall in Verbindung zu bringen. Durch eine Combination verschiedener Metalle entwickelt sich erfahrungsmäßig eine Kraft der Zerlegung, welcher auch die mächtigsten chemischen Verbindungen unter gewissen Bedingungen nicht widerstehen können. Denken wir uns in der obigen Figur zuerst die Kupferplatte sammt dem Drahte weg und richten unsere Aufmerksamkeit nur auf die Zinkplatte. Wir sehen ein, daß durch die Anziehung, welche das Zink auf den einen Bestandtheil der Flüssigkeit ausübt, wohl den Atomen der zunächst liegenden Molecüle derselben eine bestimmte Richtung, wie sich Faraday ausdrückt, verliehen werden kann, aber dies allein ist, was man zugeben muß, durchaus nicht im Stande, einen hinreichenden Erklärungsgrund hydroelektrischer Erscheinungen darzubieten. Wenn auch diese Anziehung wirklich fähig ist, die Flüssigkeit zu zersetzen, indem das Zink mit einem ihrer Bestandtheile sich verbindet, so ist dies

doch nichts weiter, als ein chemischer Proceß. Stellt man nun dem Zink wieder die Kupferplatte gegenüber, so bringt dies noch keine Veränderung hervor, erst dann, wenn beide Metalle durch einen Kupferdraht miteinander verbunden werden, findet eine lebhafte Zersetzung der Flüssigkeit und dasjenige statt, was man elektrischen Strom nennt. Soll aber wirklich die Zersetzung, welche das Zink durch seine Anziehung auf den einen Bestandtheil der Flüssigkeit bewirkt, die Quelle der Elektricität und der elektrische Strom die Fortsetzung dieser Zersetzung nach einer bestimmten Richtung seyn, so ist der Anfang dieses Processes am Zink und von diesem muß sich ein Einfluß desselben durch den Draht nach dem Kupferpol hin erstrecken, der dann auch denjenigen Zustand des Drahtes hervorbringt, der durch den Ausdruck „elektrischer Strom" bezeichnet wird; und die Kraft, womit durch eine solche Combination verschiedener Metalle auch die stärksten chemischen Verbindungen aufgelöst werden, kann nur darin ihre Erklärung finden, daß in Folge des chemischen Processes am Zink die Atome der Metalle — sowohl des Drahtes als auch der Kupferplatte — entgegengesetzt polar werden, und zwar so, daß die mit der Flüssigkeit in Berührung sich befindenden Theile der Kupferplatte den entgegengesetzten polaren Zustand von demjenigen erhalten, welchen die auf den einen Bestandtheil der Flüssigkeit anziehend wirkenden Atome der Zinkplatte haben. Enthält also obiges Gefäß, wie wir angenommen haben, Salzsäure: so ziehen die Atome des Zinks, welche mit der Flüssigkeit in Berührung sind, die Chloratome an, womit sich zugleich der polarisirende Einfluß entwickelt, vermöge dessen die folgenden Atome des Zinks chloropolar werden, die weiter folgenden cincopolar, die nun folgenden wieder chloropolar und so fort durch den Draht und die Kupferplatte, deren letzte Atome chloropolar werden müssen, wodurch sie auch die Fähigkeit erlangen, auf den andern Bestandtheil des Flüssigen anziehend zu wirken, ohne sich damit verbinden zu können, was aber, streng genommen, doch geschehen müßte. Auf welche Weise nun solche Polaritäten eigentlich entstehen, läßt sich freilich nicht angeben. Man sieht leicht, daß diese

Ansicht eine bloße Fiction und noch dazu eine der seltsamsten ist, welche — wenigstens in ihrer jetzigen Ausbildung — einer schärferen Begründung entbehrt. Sie selbst ist das eigentliche Räthsel, welches erst der Auflösung bedarf.

Nehmen wir aber an, daß das Elektricum an der Berührungsstelle aus dem Zink durch den Draht in's Kupfer und von da wieder durch die Salzsäure in's Zink zurückgeht, so lassen die Erscheinungen eine einfache Erklärung zu, indem es dann das Elektricum selbst ist, welches die Flüssigkeit polarisirt und zerlegt, was um so besser von Statten geht, wenn das Zink durch seine Anziehung zum Chlor zu Hülfe kommt. Diejenige Elektricität aber, welche bei der Verbindung des Zinks mit dem Chlor entwickelt wird, geht vom Zink durch den Draht zur Kupferplatte und hilft so die Stromstärke vermehren.

28. Der elektrochemischen Theorie zufolge soll die Grundursache der chemischen Verbindung in einer elektrischen Anziehung bestehen. Wie Zink und Kupfer, so sollen auch die Atome je zweier Elemente, falls sie miteinander in Berührung kommen, entgegengesetzt elektrisch werden, so daß also alle Elemente Glieder einer elektrischen Spannungsreihe sind.

Nach unserer Ansicht muß sich allerdings das Elektricum zu den Elementen der Materie auf verschiedene Weise verhalten, je nachdem diese Elemente selbst verschieden sind; und hinsichtlich seines Verhaltens zum Elektricum kommt jedem Element eine bestimmte Stelle unter den übrigen zu, so daß in dieser Beziehung ohne Zweifel die Elemente der Materie in einer gewissen Ordnung aufeinander folgen, welche man elektrische Spannungsreihe nennen kann. Jedenfalls ist es von Interesse und Wichtigkeit, eine solche Reihe möglichst genau festzustellen.

Man mag nun immerhin annehmen, daß zwei Elemente — wie etwa Sauerstoff und Wasserstoff — wenn sie zusammen kommen, entgegengesetzt elektrisch werden und sich dann anziehen, damit die Berührung noch inniger werde; aber die eigentliche chemische Anziehung der Elemente und damit die Gestaltung des Körpers ist, meiner Meinung nach, eine Folge der Kräfte, welche

den Elementen als solchen eigen sind und in dem Gegensatze ihrer Qualitäten liegen mögen. Durch jene Theorie ist man dem Geheimniß der chemischen Anziehung nicht im Entferntesten auf die Spur gekommen. Wüßte man, wie sich das Elektricum mit den Elementen der Materie durch Anziehung verbinden kann, so könnte man auch erklären, wie sich Sauerstoff und Wasserstoff miteinander verbinden; d. h. chemische und elektrische Anziehung müssen einen gemeinsamen Grund haben. Können sich aber Elektricum und die Elemente der Materie ohne Mittelglied miteinander verbinden, so können dies auch diese Elemente untereinander thun. Auf dieselbe Weise, wie sich die Elemente untereinander anziehen und vereinigen, verbindet sich mit ihnen das Elektricum, und die Unterschiede dabei können nur in der qualitativen Beschaffenheit der Elemente der Materie und der Elemente des Elektricums liegen. Aber ich erinnere mich, daß man geneigt ist, die Elektricität nicht für einen besondern Stoff zu halten, sondern eben für die Kraft selbst, womit sich die Atome der Materie untereinander anziehen. Dann freilich ist chemische und elektrische Anziehung in jeder Hinsicht identisch, da letztere nicht mehr von besonderen Elementen ausgeht. Auch sind alsdann die elektrischen Erscheinungen nur gewisse chemische Prozesse, die man auf eine präcise Weise nicht zu erklären vermag, sondern zu Ansichten führen wie die obige, welche wir als eine Fiction bezeichnet haben. —

Faßt man alle elektrischen Erscheinungen zusammen und verweilt nicht mit einseitiger Liebhaberei bei gewissen Arten derselben, so kann man kaum umhin, die Elektricität für etwas Reales zu halten, was jenen Erscheinungen zu Grunde liegt. Freilich ist das Elektricum keine feine Materie, sondern es besteht aus einfachen Elementen von solcher qualitativer Beschaffenheit, daß sich dieselben nicht mit anderen zu eigentlicher Materie verbinden können. Es kann deshalb nicht in eine Reihe mit unsern bekannten Grundstoffen gestellt werden, durch deren Verbindung untereinander die verschiedenartigen Körper entstanden sind.

Aber es ist a priori wahrscheinlich, daß außer solchen Ele-

menten, welche die eigentliche Materie bilden, auch noch andere existiren, die, wie das Elektricum, sich mit jenen, sowohl als solchen, als auch wenn sie sich schon zu Materie verknüpft haben, verbinden und dadurch verschiedene Erscheinungen an derselben hervorbringen können. Die Schwere haftet aber eigentlich an den körperlichen Massen und mag auch nur ein Merkmal solcher Elemente seyn, die sich zu diesen Massen verbinden können; die sogenannten Imponderabilien wären dann als Mittelglieder zu betrachten, wodurch erst der mannigfaltigste Wechsel in's eigentliche materielle Dasein käme. In dieser Hinsicht kann man die sämmtlich möglichen Elemente in 2 Reihen bringen, nämlich 1) in solche, welche, wie schon erwähnt, die Körper constituiren; 2) in solche, welche keine Materie bildend nur durch ihre Verhältnisse zu jenen charakterisirt sind. Die Imponderabilien aus der Physik zu verbannen, wird meines Dafürhaltens niemals gelingen, man wird sich immer wieder genöthigt sehen, zu ihnen zurückzukehren; nur darf man dieselben nicht für Materien halten. Die Lehre vom Licht bezeugt, daß sie ohne Schwingungen eines Aethers nicht fertig werden kann; dieser Aether ist aber nichts anderes als ein imponderabile. Ist es aber in der Lehre vom Licht gestattet, ein solches anzunehmen, so muß es auch anderwärts erlaubt seyn, zumal wenn die Erscheinungen selbst darauf führen. So haben wir uns die Phänomene der Elektricität durch die Annahme eines Stoffes begreiflich zu machen gesucht, welchen wir Elektricum nannten, aber nirgends fanden wir Veranlassung, zwei einander entgegengesetzte elektrische Fluida, welche stets zur Vereinigung streben, anzunehmen. Da das Elektricum überall in den Körpern verbreitet ist, so ist auch nicht nöthig, ihm eine Wirkung in die Ferne beizulegen; die elektrischen Erscheinungen lassen sich recht gut, wie man bemerkt haben wird, ohne eine solche Annahme erklären.

Wir könnten nun zu den Beziehungen zwischen der Elektricität und dem Magnetismus, d. h. zu den Erscheinungen des Elektromagnetismus übergehen, wenn nicht Betrachtungen der Art außerhalb des Planes dieser Abhandlung lägen. Um die

durch bewegtes Elektricum in einem geschlossenen Leiter inducirten Ströme zu erklären, ist nur nöthig, die Principien, welche in dem Bisherigen dargelegt sind, etwas weiter zu entwickeln. An einem andern Orte aber wird es mir vergönnt seyn, zu zeigen, daß sich die elektromagnetischen Erscheinungen eben sowohl, wie die der Inductions- und Thermoelektricität, mit Hülfe unserer Theorie bequem zusammen fassen lassen, so weit es der jetzige wissenschaftliche Standpunkt der Physik erlaubt. Weil jedoch bei diesen Phänomenen so mancherlei ineinander greift — namentlich merkwürdige Beziehungen der Elektricität zu Wärme hervortreten — so müssen die sämmtlichen Grundbegriffe der Physik — nicht minder der Physik der ponderablen Materie, als der der Imponderabilien — vorausgeschickt werden, wodurch auch manche Lehren der Elektricität, welche wir schon besprochen haben, in einem helleren Lichte erscheinen werden.

durch bewegtes Electricum in einem geschlossenen Leiter inneren Ströme zu erklären, ist nur nöthig, die Principien, welche in dem Vorigen dargelegt sind, etwas weiter zu entwickeln. An einem andern Orte aber wird es mir vergönnt sein, zu zeigen, daß sich die electromagnetischen Erscheinungen eben sowohl, wie die der Inductions- und Thermoelectricität, unter Sätze unserer Theorie bequem zusammen fassen lassen, so wie es der jetzige wissenschaftliche Standpunct der Physik erlaubt. Weil jedoch bei diesen Phänomenen so mannichfaltig ineinander greift — namentlich merkwürdige Beziehungen der Electricität zu Wärme hervortreten — so müssen die sämmtlichen Grundbegriffe der Physik — nicht minder der Physik der ponderablen Materie, als der der Imponderabilien — vorausgeschickt werden, wodurch auch manche Lehren der Electricität, welche wir schon besprochen haben, in einem helleren Lichte erscheinen werden.

Werner.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Cornelius, Carl

Erklärung der wichtigsten Erscheinungen der Electricität unter der Voraussetzung Eines elektrischen Fluidums

Gießen 1846

Phys.sp. 155 s
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10133552-6